

ALLGEMEINE OROGRAPHIE.

DIE LEHRE

von den

RELIEF-FORMEN DER ERDOBERFLÄCHE

von

CARL SONKLAR EDLEN VON INNSTÄDTEN

K. K. OBERST

Comthur des k. k. Franz Joseph-Ordens, Ritter des k. k. Ordens der Eisernen Krone und Besitzer der k. k. goldenen Medaille für Wissenschaft und Kunst, correspondirendes Ehrenmitglied der k. geographischen Gesellschaft zu London, correspondirendes Mitglied der k. Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, der k. k. geologischen Reichsanstalt und der k. k. Landwirthschaftsgesellschaft in Wien, Ehrenmitglied des Ferdinandeums zu Innsbruck, Mitglied der Gesellschaft degli Agiati zu Rovereto, correspondirendes Mitglied der k. k. mährisch-schlesischen Gesellschaft für Landwirthschaft, Natur- und Landeskunde, sowie des Werner-Vereins zu Brünn, Mitglied der k. k. geographischen Gesellschaft, des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, Professor der Geographie an der k. k. Militär-Akademie zu Wiener-Neustadt.



Mit 57 Holzschnitten.

WIEN 1873.

WILHELM BRAUMÜLLER

k. k. Hof- und Universitätsbuchhändler.

ALLGEMEINE OROGRAPHIE.

DIE LEHRE

von den

RELIEF-FORMEN DER ERDOBERFLÄCHE

von

CARL SONKLAR EDLEN VON INNSTÄDTEN

K. K. OBERST

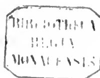
Comthur des k. k. Franz Joseph-Ordens, Ritter des k. k. Ordens der Eisernen Krone und Besitzer der k. k. goldenen Medaille für Wissenschaft und Kunst, correspondirendes Ehrenmitglied der k. geographischen Gesellschaft zu London, correspondirendes Mitglied der k. Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, der k. k. geologischen Reichsanstalt und der k. k. Landwirthschaftsgesellschaft in Wien, Ehrenmitglied des Ferdinandeums zu Innsbruck, Mitglied der Gesellschaft degli Agiati zu Roveredo, correspondirendes Mitglied der k. k. mährisch-schlesischen Gesellschaft für Landwirthschaft, Natur- und Landeskunde, sowie des Werner-Vereins zu Brünn, Mitglied der k. k. geographischen Gesellschaft, des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, Professor der Geographie an der k. k. Militär-Akademie zu Wiener-Neustadt.

Mit 57 Holzschnitten.

WIEN 1873.

WILHELM BRAUMÜLLER

k. k. Hof- und Universitätsbuchhändler.


BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

VON SONKLAR:

ALLGEMEINE OROGRAPHIE.

SEINER EXCELLENZ

DEM HERRN

K. K. FELDMARSCHALL-LIEUTENANT

UND

REICHSKRIEGSMINISTER

FRANZ FREIHERRN KUHN VON KUHNENFELD

SEINER K. K. APOST. MAJESTÄT WIRKLICHEN GEHEIMEN RATHE

Grosskreuze des k. k. österreichischen Leopold-Ordens, Commandeur des Maria Theresien-Ordens, Ritter des Ordens der Eisernen Krone (K.-D.), Besitzer des Militär-Verdienstkreuzes (K.-D.) und Inhaber des k. k. Infanterie-Regiments Nr. 17

etc. etc. etc.

IN EHRERBIETUNG GEWIDMET

von dem

Verfasser.

VORWORT.

Ich übergebe den Freunden der Geographie das vorliegende Werk als eine Frucht vieljähriger Studien und eben so langer Erfahrungen in der Natur. Ist aus dem Buche das geworden, was ich aus ihm zu machen die Absicht hatte, dann kann es dem Lehrer der Geographie als ein willkommener Lehrbehelf, dem Neophyten dieser Wissenschaft aber, sowie dem Gebirgsfreunde und Touristen als Vorschule für das Studium der Orographie, d. h. für jenen Abschnitt des geographischen Stoffes dienen, den ich als das wichtigste Element der physischen und politischen Erdbeschreibung zu erklären keinen Anstand nehme. — Ich wäre glücklich, wenn mir für diese Arbeit der Beifall des kundigen Lesers zu Theil würde.

Wiener-Neustadt, Ende Mai 1872.

Carl von Sonklar,
k. k. Oberst.

INHALTSVERZEICHNISS.

II. Orometrischer Theil.

III. Orogenetischer Theil.

Einleitung.

Der Erdkörper tritt auf zweifache Weise in den Kreis wissenschaftlichen Interesses. Zuerst nämlich offenbart er sich als ein Naturproduct, und dann ist er der Wohnplatz des menschlichen Geschlechtes. Hieraus entspringen die zwei Haupttheile der Erdwissenschaft — die physische und die politische Geographie.

In der physischen Geographie begegnen wir nicht minder zwei principiell verschiedenen Elementen der Betrachtung, die wir kurz als das Thatsächliche und Ursächliche bezeichnen können. Das Thatsächliche wird grösstentheils auf dem Wege der Erfahrung erkannt werden können, während der Einblick in das Ursächliche nur durch Abstraction, durch geistige Arbeit zu gewinnen ist.

Dadurch ergibt sich eine naturgemässe Theilung der der physichen Geographie im Allgemeinen angehörigen Materien in zwei grosse Abschnitte, und zwar in die physische Geographie im Besonderen und in die physikalische Geographie.

Die physische Geographie im Besonderen hat es also mit denjenigen Eigenschaften des Erdkörpers zu thun, die unmittelbar durch sinnliche Wahrnehmung erkannt werden; sie ist daher der morphologische Theil des Wissens von der Erde, die Naturgeschichte des Erdkörpers, das Erkenntnissgebiet der materiellen Erscheinungen, diese unabhängig von den Bedingungen ihrer Existenz betrachtet. Die physikalische Geographie hingegen fasst die Erde von vorneherein als ein durch das Spiel der Naturkräfte nach den in ihnen liegenden Gesetzen gewordenes, von ihnen getragenes und gemäss derselben sich fortwährend veränderndes Ganzes auf; für sie ist die

Erde ein grosser Organismus, dessen Abhängigkeit von den Gesetzen der Natur der Gegenstand ihrer Lehren ist. — In so weit sind alle Theile der Erderkenntniss principiell unterscheidbar, wenn es auch bei Aufgaben der praktischen Erdbeschreibung nicht immer möglich ist, eine Trennung der Materien in diesem Sinne durchzuführen oder einzuhalten.

Die politische Geographie endlich ist nichts weiter als ein angewandter Theil der beiden vorerwähnten Abschnitte, der sich zu diesen ebenso verhält wie etwa die Optik oder Mechanik zur reinen Mathematik. Die politische Geographie stellt nämlich den Menschen in jener Abhängigkeit seiner Existenz und seines gesellschaftlichen Lebens dar, wie sie durch die in der physischen Geographie beschriebenen Eigenschaften der Erde bedingt ist. Dieser letztere Theil der Erdwissenschaft ist daher die unentbehrliche Vorschule der politischen Geographie, ohne welche sie ebensowenig denkbar ist, als eben die Optik oder Mechanik ohne die Mathematik gedacht werden kann.

Der Mensch bewohnt jedoch vornehmlich das Land, wenn er auch mit seiner von Machtgelüst oder Erwerb angespornten Thätigkeit alle Meere umspannt, den Luftkreis beschifft oder die Tiefen der Erde durchwühlt. Er wird auf dem Lande geboren und hauptsächlich vom Lande genährt; an diesem haftet, unter örtlicher Einschränkung, sein Heimatsgefühl mit allen mächtigen Banden der ihm anerzogenen Sprache und Sitte, hier endlich wird er ein Mitglied jener staatlichen Gemeinschaft, die alle materiellen und geistigen Güter seines Daseins umschliesst und in Schutz nimmt. Hierdurch individualisiren sich für den Einzelnen gewisse Theile des Landes und gewinnen, nach allen Seiten ihrer äusseren Erscheinung und gesellschaftlichen Ordnung, ein erhöhtes Interesse, das bei edleren Naturen zu jener mächtigen Empfindung anwächst, die man Vaterlandsliebe nennt. Dieses Interesse aber wird ihn antreiben, seine engere und weitere Heimat nach jeder Richtung so genau kennen zu lernen, als es ihm nach seinem Bildungsgrade und den ihm zugänglichen Bildungsmitteln möglich ist. Der Geograph jedoch, der

geistig die ganze Erde zu seiner Heimat gemacht hat, weil er alle ihre Theile mit gleichem Wissensdrange umfasst, wird sich auf einen allgemeineren Standpunkt stellen. Für ihn ist jeder Theil der Erd-Oberfläche, also jedes Land und jedes Volk, sowie jedes Element des körperlichen Bestandes der Erde, Bedingendes und Bedingtes zugleich. In der Wirkung und Gegenwirkung dieser Theile aufeinander erkennt er nicht nur die gegenwärtige Organisation des Erdkörpers, sondern auch die Ursachen und Grundlineamente jener Erscheinungen, die unter dem Namen Geschichte, ein von der Naturwissenschaft viel zu entfernt gehaltenes Wissensgebiet bilden.

Diese letzte Frucht geographischen Studiums ist es, welches Carl Ritter irrig „vergleichende Erdbeschreibung" genannt hat, und die er vielleicht besser als „geographische Begründung der Geschichte" oder mit einem anderen ähnlichen Worte hätte bezeichnen sollen. Aber der Name thut nichts zur Sache. Mit überzeugender Klarheit hat der grosse Geograph die Geschicke der Völker auf die geographischen Bedingungen ihrer Existenz zurückgeführt und gezeigt, wie die Natur des Bodens als die letzte Ursache der ganzen historischen Entwickelung des Menschengeschlechtes angesehen werden müsse. Er hat dadurch eine wissenschaftliche Disciplin geschaffen, die wol noch einer grösseren Entwickelung fähig und bedürftig, bereits eine nicht unbedeutende Pflege gefunden hat. Und was die Würdigkeit dieser Disciplin betrifft, da brauchen wir, um sie zu belegen, nur Ritters eigene Worte, die er als Frage vorlegt, zu wiederholen: „Sollte es nicht der Mühe verlohnen, um der Geschichte des Menschen und der Völker willen, auch einmal von minder beachteter Seite, von dem Gesammtschauplatze ihrer Thätigkeit aus, der Erde, in ihrem wesentlichen Verhältnisse zum Menschen, nämlich der Oberfläche der Erde, das Bild und Leben der Natur in ihrem ganzen Zusammenhange so scharf und bestimmt, als einzelne Kräfte es vermögen, aufzufassen, und den Gang ihrer einfachsten und am allgemeinsten verbreiteten geographischen Gesetze in den stehenden, bewegten und belebten Bildungen zu verfolgen?" *)

*) „Einleitung zur allgemeinen vergleichenden Geographie". Berlin 1852, pag. 6.

Zu den wesentlichsten Bedingungen des menschlichen Daseins im Grossen wie im Kleinen gehören zunächst die festen Formen der Erdoberfläche, dann das Meer. Jene, die festen Formen nämlich, reflectiren sich hauptsächlich in den wagrechten Erstreckungen, wie sie uns als Grundrisse der Erdtheile und Ländergestalten in den Karten entgegentreten und als horizontale Gliederung zusammengefasst werden, sodann in den Reliefformen des Bodens, welche begrifflich als vertikale Gliederung ausgedrückt worden sind. Das Meer, die grosse Wasserbedeckung des Erdkörpers oder der Ocean, die dritte grosse Hauptform der Erdoberfläche, die wegen ihrer Ausdehnung und Flüssigkeit die Figur der Erde am reinsten darstellt, trennt die verschiedenen grossen Theile des Erdfesten, und wird schon deshalb zu einem der wichtigsten physischen und humanitären Coefficienten des Weltlebens.

Wenn wir in die Bedeutung des Oceans etwas näher eingehen wollen, so müssen wir zuerst erwähnen, dass er fast drei Viertheile des Erdkörpers bedeckt und das grosse Wasserreservoir darstellt, aus dem in letzter Quelle alles Wasser stammt, welches in Dunstform die Atmosphäre erfüllt, als Regen zur Erde niederfällt, in Quellen aus der Erde bricht und in Bächen, Flüssen und Strömen wieder zum Ocean heimkehrt. Der Thau, der die Blume benetzt, das Wasser, mit dem wir unsern Durst löschen, der Wasserstrahl, den wir in den verheerenden Brand schütten, die stürzende Fluth, die unsere Mühlen treibt, alles das sind nichts anderes als kleine, zu speciellen Geschäften im Dienste der Natur und der Menschen ausgesendete Theile des Oceans. Durch diesen Kreislauf werden Ocean und Wasser zu identischen Begriffen, und der Ocean somit zur Existenzbedingung der gesammten organischen Natur. Auf dem Lande spielt das Wasser aber noch eine andere wichtige Rolle. Von der Schwere mit besonderen Fähigkeiten ausgerüstet, wird es zu einem der wichtigsten Principien sowol für die gegenwärtige als für die künftige Plastik der Erdoberfläche, wodurch es auch für den Zweck der vorliegenden Arbeit eine ausserordentliche Bedeutung erlangt. Mit Millionen Zähnen nagt es seit

Millionen Jahren unablässig an den festen Formen der Erdrinde, reisst hier erdige Theile von ihren Lagerplätzen hinweg, wirkt dort auflösend und zersetzend auf andere, erniedrigt dadurch die Berge, füllt die Tiefen aus und sucht im nimmerruhenden Spiele von Wirkung und Gegenwirkung den unerreichbaren Zustand des Gleichgewichts auf. Das Wasser ist es, das auf diese Weise den unerschöpflichen Gestaltenreichthum der nicht organisirten Erdoberfläche bedingt, das hier dem Hügel so wie dem Gebirge, dort dem Flachlande die Form gibt, und überall, in der Zusammenstellung der von ihm modellirten Bodenelemente, die Landschaft herausbildet; das Wasser ist es, das hier das kleine Rinnsal des Bächleins, dort das Bett des mächtigen Stromes, hier die einfachen Runsen und Thalbecken, dort wieder die vielfach zusammengesetzten und abgestuften, oft ganze Reiche umschliessenden Flussgebiete grosser Ströme aus der Oberfläche des Erdkörpers herausgemeisselt hat und das alle diese Bildungen noch fortwährend umbildet. Auch hierdurch greift das Wasser in alle Sphären des menschlichen Daseins bedingend ein. Aber in den Strömen und noch mehr im Meere wird es auch noch zu einem verbindenden Elemente, das ein Volk mit dem anderen, das alle Erdtheile untereinander, ungeachtet der starren Scheidung ihrer Massen, ungeachtet aller klimatischen Gegensätze von Nord und Süd und aller geistigen Gegensätze von Ost und West, zu einer grossen Völkergemeinschaft vereinigt.

In der horizontalen Gliederung des Landes sprechen sich, ausser der geographischen Lage und Grösse der Erdtheile, die relative Stellung derselben sowie ihrer Theile zu einander, die Vertheilung der Formen und Massen, die Verhältnisse von Stamm und Gliedern, von Binnenland und Küstenland aus. Hierdurch werden sich die Hauptrichtungen, nach welchen die Ländergestaltung (im wagrechten Sinne) überhaupt auf die Entwickelung der Menschheit Einfluss nimmt, erklären lassen.

Die noch übrige Hauptbedingung aller physischen Verhältnisse der Erdoberfläche und aller menschlichen Zustände, die Relief-

formen des Landes, sind der Gegenstand dieser Abhandlung. Aber was ich hier dem freundlichen Leser biete, ist nichts weiter als eine allgemeine Betrachtung dieser Formen nach den zwei oben definirten Hauptrichtungen der physischen Geographie, und zwar einerseits nach ihren morphologischen Verhältnissen und andererseits nach dem Ursächlichen ihres gegenwärtigen formellen Bestandes. Die Arbeit zerfällt hiernach in folgende drei Abschnitte:

Der erste Abschnitt oder der oroplastische Theil umfasst die Darstellung der Grund- und der Detailtypen, sowol der erhöhten als der hohlen Formen des Bodens, d. h. eine möglichst vollständige Morphologie der Erdoberfläche, oder was dasselbe heisst, eine Naturgeschichte derselben, so weit sie mit den Sinnen, durch Anblick, Messung und Vergleichung erworben werden kann. Oskar Peschel hat irgendwo, nicht mit Unrecht, die Bemerkung gemacht, dass keine Wissenschaft in dem Grade wie die Orographie einer präcisen, genau bestimmten Terminologie entbehre. Diesem Mangel habe ich hier nach Kräften abzuhelfen und meine, durch langjährige Studien unterstützten Erfahrungen in dieser Richtung zu verwerthen gesucht. Einen Anhang dieses Abschnittes bildet die Lehre vom Wasser, eine kurze allgemeine Hydrographie, nach der Bedeutung des Wassers einerseits als Bodenform des Landes und andererseits als eine der wichtigsten Ursachen der gegenwärtigen Plastik der Erdoberfläche.

Der zweite Abschnitt oder der orometrische Theil enthält die Lehre über die Art und Weise, wie aus den vorhandenen hypsometrischen Daten, nach einer logisch richtigen Methode jene mathematischen Mittelmaasse und Gesammtwerthe abzuleiten sind, durch welche die Gebirge nicht bloss nach ihren orographischen Eigenschaften, nach ihren Höhenverhältnissen und Maassen untereinander vergleichbar werden, sondern durch welche nicht minder manche ihrer geologischen Merkmale sich erklären lassen. Das zu diesem Ende aufgestellte System der Berechnung ist der erste Versuch, die numerischen Einzelwerthe in rationell ermittelte Gesammtwerthe zu vereinigen, die auf schwankenden und unsicheren

Schätzungen beruhenden Angaben zu beseitigen, die Gebirgsmessung auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen und auf solche Art eine vergleichende Orographie zu ermöglichen.

Der dritte Abschnitt endlich oder der orogenetische Theil begreift die Lehre von der Entstehung der verschiedenen Reliefformen der Erdoberfläche. Auf dem Wege durch dieses dunkle Gebiet hat es die Forschung oft mit Dingen zu thun, deren Werden kein menschliches Auge gesehen, und die, in ihrem Wesen nicht selten bis zur Unentwirrbarkeit verwickelt, eine Deutung gewöhnlich nur durch eine den Gesetzen der Natur nicht zuwiderlaufende Hypothese gestatten. Hier ist es, wo der Verstand, trotz aller Behutsamkeit in der Anwendung von Urtheilen und Folgerungen, nur zu leicht straucheln und manches Gedachte bloss deshalb für wahr halten mag, weil er es gedacht und der eigenen Befangenheit nicht gewahr geworden. Möge mir deshalb für diesen Abschnitt die Nachsicht des geneigten Lesers zu Theil werden; das Streben war mindestens ein redliches. — So viel über Zweck und Plan des vorliegenden Werkes.

Und nun sei es mir gestattet, die Frage zu beantworten, worin denn eigentlich die Bedeutung des Gebirges liege, damit sich eine Abhandlung über dasselbe, von dem Umfange dergegenwärtigen, der Mühe verlohne. Die Beantwortung dieser Frage wird nicht nur meine eigene Arbeit (einen gewissen Werth derselben vorausgesetzt) rechtfertigen, sondern auch den Ansichten einiger Geographen begegnen, die im ebenen Lande zu Hause und den Einfluss des Gebirges auf Natur und Menschen ohne Zweifel nur nach den Hügeln des deutschen Mittelgebirges abschätzend, das fliessende Gewässer an Bedeutung obenan stellen, und hiernach die Eintheilung der Erdoberflache in natürliche Ländergebiete vollziehen. Als ob die Flüsse nicht viel eher Mittel der Verbindung als der Trennung wären!

Wir wollen uns bei dieser Darstellung zuerst an die rein physischen Einflüsse des Gebirges halten und dann erst zu den Wirkungen desselben auf menschliche Zustände übergehen.

So sind es zunächst die Gebirge, welche die Ausdehnung und Form der Continente und Inseln bestimmen. Sind doch kleinere Inseln nur die Spitzen und grössere die plateauartigen, über den Meeresspiegel emporragenden Ausbreitungen unterseeischer Gebirge.

Die iberische Halbinsel wird in ihren Umrisslinien durch das iberische Gebirgssystem, Italien durch den Apennin, die türkisch-griechische Halbinsel durch das gleichnamige Gebirge bestimmt. Die Hebung dieser Massen hat durch das Maass der Erhebung den Umfang des über das Meer aufragenden Landes bedingt. Hierdurch aber hat das Gebirge auf die Gliederung der Continente und auf alle davon abhängigen physischen und humanitären Verhältnisse Einfluss genommen.

Durch ihre Höhe und Lage machen sich die Gebirge auch in klimatischer Beziehung geltend. Sydow nannte die Kette der Karpathen treffend die „grosse osteuropäische Wettersäule“. Es ist bekannt, welchen Einfluss ein grösserer Höhenzug auf die Richtung der Winde ausübt, besonders wenn derselbe quer über der Richtung der herrschenden Luftströme liegt. Wie deutlich sich dieser Einfluss selbst bei geringeren Höhen aussprechen kann, das zeigt die Erzählung eines Reisenden, der, auf dem nur 2700 Fuss hohen Diana Peak der Insel St. Helena stehend, ein Zündhölzchen anstandlos anbrannte, während er dem von unten heraufdringenden Brausen des Sturmes lauschte, der die Schiffe im Hafen in die heftigste Bewegung versetzte *). Derselbe Einfluss offenbart sich durch die ungeheuern jährlichen Regenmengen im cumberländischen Gebirge Nord-Englands **), dessen höchster Gipfel, der Scawfell, wenig über 3000 Fuss absolute Höhe hat, während dieselbe Regenmenge in den östlichen Theilen des Landes nur auf etwa 25 Zoll im Mittel steht. Hier findet der mit Wasserdampf beladene, regenbringende Südwestpassat kein Gebirge, an dessen kalten Wänden sein Dampfgehalt zum Regen sich condensiren

*) Siehe „Die Insel St. Helena“ im „Ausland“ pro 1870, Nr. 34, pag. 798.

**) Es fallen hier in The Stye 198.19, in Seatwaite 150.11, in Borrowdale 134.00, in Longdale 118.50 englische Zoll Regen per Jahr.

könnte; auch hat er in deu westwärts gelegenen Gebirgen einen grossen Theil seines Wassergehalts bereits verloren.

Da aber Temperatur und Dunstdruck, Feuchtigkeit und Regen für jedeu Ort nur als Functionen der Windrichtung angesehen werden könuen, so ist es klar, dass ein jedes von Ost in West streichendes Gebirge zwischen seinen beiden Gehängen klimatische Unterschiede erzeugen muss, die weit grösser sind, als jene, welche durch die Differenz der geographischen Breiten allein (bei gleicher absoluter Höhe) hervorgebracht würden. Der hohe Bergwall lässt die warmen und feuchten Südwinde nicht so leicht auf die nördliche, und die kalten und trockenen Nordwinde nicht so leicht auf die südliche Seite übersetzen, wodurch das nördliche Gehänge klimatisch aus mehrfachen Gründen gegen das südliche in Nachtheil geräth. Auf diese Weise ist es erklärbar, warum z. B. in Innsbruck die mittlere Jahreswärme nur auf 7, in Bozen aber schon auf $9^1/_2$ Grad R. steht, während der Temperatur-Unterschied zwischen beiden Orten, aus dem Argumente der geographischen Breite allein, nur etwa $^1/_{10}$ Grad R. betragen sollte. So ist es gekommen, dass der Verfasser auf einer Frühjahrsreise nach Südtirol das Innthal noch unter fusstiefem Schnee liegend, verliess, in Brixen aber die Pfirsichbäume blühend und den Frühling in voller Herrschaft fand. Noch deutlicher tritt dieser rasche Klimawechsel von einer Seite des Gebirges zur andereu am St. Gotthard hervor, wo der Reisende in wenigen Stunden aus dem klimatischen Gebiete Mittel-Europas in die Region der Wallnussbäume und Kastanien, der Mandel- und Feigenbäume übergeht. Aus demselben Grunde gedeiht zu Genua, am Südfusse des ligurischen Apennin, die Palme und zu Malaga, am Südfusse der Sierra-Nevada und der Alpujarras, das Zuckerrohr. Und so kommt es denn überhaupt, dass alle höheren Gebirge, besonders wenn sie von Ost nach West sich erstrecken, zu wichtigeu pflanzen- und zoogeographischen Grenzlinien werden nnd Gebiete des Pflanzen- und Thierreichs trennen, die so verschieden sind, als ob sie anderen Erdtheilen angehörten.

Auf diese Art scheidet der Alpengürtel die Flora Central-Europas von der des Mittelmeeres. Die Alpen bilden aber auch noch die Grenze zwischen den vorherrschenden Sommerregen auf der nördlichen und den vorherrschenden Frühjahrs- und Herbstregen auf der südlichen Seite, wodurch eben der durchgreifende Unterschied der Vegetationsverhältnisse zwischen dies- und jenseits erst recht begründet ist. Diese Regenvertheilung ist aber eben wieder hauptsächlich das Werk des Gebirges. Von daher also das Absein natürlicher Wiesen auf dem südlichen Gebiete, die in die Augen springende und die Physiognomie des Landes total verändernde Verschiedenheit in der Art des Feldbaues da und dort, die Nothwendigkeit künstlicher Bewässerung und in deren Folge die Errichtung ausgedehnter und vielverzweigter Canalsysteme in Italien und Spanien u dgl. m. Aehnliche Differenzen werden auch in Nord-Afrika durch das Atlasgebirge hervorgerufen, das hier die subtropische Vegetationszone von der tropischen trennt, die sich südlich, in einem Umfange von mehr als 100.000 Quadratmeilen, als regenlos einstellt und deshalb eine glühende, traurige und nur durch eine Zahl tiefliegender Oasen dürftig unterbrochene Wüste ist.

Welchen wichtigen Einfluss diese grossentheils durch das Gebirge bedingten Verhältnisse auf die Cultur- und gesellschaftlichen Zustände der betreffenden Völker ausüben müssen, ist, wie ich glaube, nicht schwer abzuschätzen. Den Bewohner der Sahara, den Araber der Wüste, den Turkomanen von Chowaresm, den Mongolen der Gobi drückt die aus der plastischen Configuration des Bodens entspringende Unfruchtbarkeit seiner heimatlichen Erde in die Existenz eines Nomaden herab und hält ihn vom Ackerbau ferne, in dem allein das Princip des Eigenthums und der Gesetzmässigkeit eingeschlossen liegt*). Aber auch bei den keine solchen extremen Zustände aufweisenden Völkern Europas wird die geschilderte Verschiedenheit der Vegetation und des Landbaues eine andere Lebensweise, andere Sitten, eine andere Art der Ernäh-

*) „Grundzüge der Länder- und Völkerkunde" von Alb. v. Roon. Einleitung, pag. 143.

rung, andere Communaleinrichtungen und eine andere Güterbewegung bedingen.

Im Uebrigen werden auch anders orientirte Gebirgszüge, z. B. solche, die von Nord in Süd streichen, wenn sie nur ausgedehnt und hoch genug sind, eine oft sehr bedeutende und verschiedene Einwirkung auf die beiden ihnen zur Seite liegenden Länder ausüben. So erzeugt das skandinavische Gebirge auf seinem westlichen oder norwegischen Abhange ein oceanisches Klima mit reichlichem Regen, häufigem Nebel und relativ geringen Temperaturunterschieden, während die schwedische Seite sich durch die Gegensätze von all' dem, d. h. durch wenig Regen, heitere Witterung und hochgespannte Wärmedifferenzen auszeichnet. So haben ferner die südamerikanischen Cordilleren die Wüste von Atacama und die höheren Ausläufer des pyrenäischen Gebirgssystems die weiten steppenartigen Paramos im mittleren Spanien verschuldet. Die Wirkungsweise der genannten Gebirge ist in dieser Hinsicht dieselbe wie die der cumberländischen Gruppe in Nord-England.

Eine kaum minder wichtige Bedeutung besitzen die Gebirge für die Bewässerungsverhältnisse der angrenzenden Flachländer, und zwar nicht bloss deshalb, weil sie die Quellbezirke der meisten Flüsse sind, sondern auch in Folge der grösseren Regenmenge, welche die kalten Kämme des Gebirges den warmen Winden, einerseits durch unmittelbare Condensation der von ihnen herbeigetragenen Wasserdämpfe und andererseits durch Erzeugung secundärer Luftströmungen, entlocken. Von den Thälern werden diese Niederschläge gesammelt und in die Ebenen hinausgeleitet, wo sie auf die mannigfaltigste Art den Zwecken der Natur und der Menschen dienstbar werden — der Natur auf die oben bereits angegebene Weise, den Menschen, indem sie ihre Aecker und Wiesen benetzen, als Wasserkraft in ihren Mühlen und Fabriken arbeiten und in den Wasserstrassen ihre Flösse und Boote tragen. Sind die Gebirge hoch, so halten sie einen Theil der atmosphärischen Niederschläge als Schnee zurück, verwandeln ihn in Eis und senden das Schmelzwasser desselben im Sommer, also dann erst in das

Tiefland hinaus, wenn dieses, unter den sengenden Strahlen der Sonne schmachtend, des belebenden Elementes am dringendsten bedarf. So rollen die Wogen des Ganges und Brahmaputra, des Indus, Euphrat und Tigris, des Nil, der Donau, des Rhein und des Po zur Sommerzeit am höchsten, wenn andere Flüsse von minder hoher Abkunft in ihrer tiefsten Ebbe stehen.

Diese Flüsse kommen jedoch nicht rein von den Bergen herab; bei ihrem starken Gefälle innerhalb des Gebirges beladen sie sich mit Geschieben aller Art, mit Sand und Schlamm, den sie im Flachlande wieder absetzen, wodurch sie dem letzteren fortwährend neue Stoffe zuführen. Freilich geschieht dies nicht selten in der Form ausgedehnter Rollkieselbetten, die für die Fruchtbarkeit des tieferen Landes nur von negativem Werthe sind. Dasselbe haben in alter, geologischer Zeit an unzähligen Orten die Riesengletscher des Diluviums gethan, und eine ähnliche Locomotion erdiger Stoffe vom Gebirge gegen die Ebene vollführen langsam und mit einem für ein Menschenleben vielleicht unmerklichen Erfolge, die abrieselnden meteorischen Wässer und die transportirende Kraft des Windes. Und so wird denn auch die Vegetationsdecke des Flachlandes in ihrer mineralogischen Zusammensetzung ebenfalls vom Gebirge, zu dessen hydrographischem Systeme es gehört, abhängig sein.

Wenn wir nun zu den unmittelbaren Wirkungen, die das Gebirge auf den Menschen ausübt, übergehen, müssen wir vorerst, und zwar wol nur für den Laien unserer Wissenschaft, constatiren, dass solche Wirkungen überhaupt vorhanden sind. Ich glaube jedoch kaum, dass es einen denkenden Menschen geben mag, der dies leugnet, wenn er sich auch über die Art dieser Wirkungen nicht immer klar geworden ist. Wer von uns kennt nicht z. B. die Gegensätze zwischen dem Süden und Norden Deutschlands? Wer weiss es nicht und hat es nicht oft selbst empfunden, wie in dem geselligen Verkehr der Menschen untereinander, dort, im Süden nämlich, ein offenes, oft phantasie- und gemüthvolles, Vertrauen gewährendes und ansprechendes Heraustreten des inneren Menschen aus dem Rahmen seiner Persönlichkeit im Allgemeinen

sich kund gibt, während hier, im Norden Deutschlands, eine vorsichtige, kluge, die conventionelle Form nicht leicht durchbrechende, der Skepsis zugewandte und oft auch von übertriebenem Selbstgefühl getragene Haltung die persönlichen Berührungen beherrscht und einschränkt? — Wer weiss es nicht, dass im Süden Deutschlands der Katholicismus, im Norden der Protestantismus vorwaltet? — Jeder von uns kennt die Thatsache, dass die Priesterherrschaft nirgends einen so festen Halt in den Gesinnungen der Menschen gefunden, und der Geist provincieller Absonderung nirgends so tiefe Wurzeln geschlagen, als eben in einem Lande, das, von Hochgebirgen bedeckt, es am meisten nöthig hat, die Schwierigkeiten materieller Verbindungen durch die grössere Zahl der geistigen unschädlich zu machen Und ist es in Spanien nicht ebenso, und ist der Unterschied zwischen dem geschwätzigen, lebensgewandten, fröhlichen Franzosen und dem stolzen, rachsüchtigen, in Kleidung, Spiel und Sitte absonderlichen Spanier nicht so gross und vielartig, als läge ein Welttheil zwischen ihnen? Sollen alle diese Eigenthümlichkeiten der Volksstämme und Völker bloss nur der Ausdruck ihrer angeerbten Individualität, „ihrer ursprünglichen, vom Schöpfer bestimmten, durch nichts Irdisches vollständig erklärten Naturanlage“ sein, wie hoch auch dieses Princip für die Herstellung der jedem Volke anhaftenden Eigenart veranschlagt werden mag? Sind sie nicht vielmehr, wenigstens grossentheils, eine Wirkung des Bodens, auf welchem die Völker leben?

„Land und Volk,“ sagt Roon, „verhalten sich gleichsam wie Körper und Geist.“ Der Körper ist fest und unwandelbar, der Geist ist flüssig und muss sich der Form anbequemen, in die er gegossen wird. Deshalb liegen in der Natur nicht nur viele der ersten Wurzeln der geistigen, moralischen und gesellschaftlichen Constitution der Völker, sondern in weiterer Instanz auch der grösste Theil der Ursachen, die ihre nachmalige Entwickelung zur Folge hatten. Aber die Natur ist in ihren Combinationen ausserordentlich vielartig, auch hat sie nicht bloss durch ihre vorhandenen Eigenschaften gewirkt, sondern negativ auch durch den

örtlichen Mangel gewisser Elemente Einfluss genommen. Darum ist die Untersuchung keine leichte; die Einwirkung der Natur im Allgemeinen und des Gebirges im Besonderen lässt sich nicht in Zahlen fassen, und da sie überhaupt von so vielen einander modificirenden, vorhandenen und fehlenden Attributen des Bodens abhängig ist, wird sie speciell schwer zu ermitteln sein. Was ich hier, meine Arbeit einleitend, versuchen will, kann sich demnach nur auf eine übersichtliche, in breiten Zügen verzeichnete Darstellung von dem Einflusse des Gebirges auf die Menschen beziehen.

Es ist mir mehrmal vorgekommen, dass Leute im Gebirge die Frage an mich stellten, aus welchem Grunde ich mir die nach ihrer Ansicht unbegreifliche Mühe nehme, ihre Berge zu besuchen, da es draussen im flachen Lande doch weit schöner sei; dort, sagten sie, gebe es fruchtbares Land in Fülle; dort seien Brot und Wein billig, dort hätten die Menschen Platz genug neben einander, und der Weg von einem Dorfe zum andern gehe nicht über hohe Joche wie hier in den Bergen, die so wild und finster dreinsähen, als wollten sie sich in jedem Augenblicke ins Thal herabstürzen. So sprachen diese einfachen Natursöhne, nicht wissend, dass sie vor Heimweh zu Grunde gingen, wenn man sie zwänge, fern von diesen wilden, finsteren Bergen zu leben. In ihren Worten offenbarte sich nur die Mühsal des täglichen Lebens, nicht aber die Macht des heimatlichen Gefühles, die unbewusst in ihrer Empfindung ruht, und nur in der Entbehrung oft bis zur Tödtlichkeit sich geltend macht. Bekanntlich war den Soldaten der ehemaligen Schweizer Regimenter in Frankreich das Singen oder Spielen des Kuhreigens bei Todesstrafe verboten, wenn nicht Desertionen in Masse erfolgen sollten. Woher rührt nun dieses tiefe, übermächtige Heimatsgefühl aller Bergvölker? Ist es vielleicht auch eine Aeusserung der Naturanlage, und kommt das Heimweh nicht bei dem Tschetschenzen aus Daghestan und dem Rumänen aus den siebenbürgischen Alpen so gut vor wie beim Steirer, Tiroler und Schweizer?

Sehen wir einmal zu, in welchem Verhältnisse der Bewohner der Ebene und der des Gebirges sich seiner engeren Heimat gegen-

über befindet. Der Mann des ebenen Landes sieht von seiner Heimat wenig mehr als die Stelle, auf der er lebt, und dieses Wenige bietet ihm nichts an landschaftlichen Dingen, an denen sein Auge mit Freude haften und die seine Phantasie nachdrücklich zu beschäftigen vermöchten; vor seinem Blicke liegt vielmehr die Ferne endlos ausgespannt, und diese ist es, die ihn beschäftigt, die er mit den Gestalten seiner Einbildungskraft bevölkert und nach der seine Sehnsucht verlangt, damit er endlich erfahre, was diese sichtbare Ferne ihm verbirgt. Dadurch aber erweitert sich die Vorstellung seiner Heimat und bekommt einen gleichsam mit Raum verdünnten Inhalt, durch dessen Breite die Innerlichkeit verloren geht. — Anders ist das Alles bei dem Bewohner des Gebirges. Diesem ist die Heimat von den engen Grenzen seines Thales umschränkt, über welche hinaus sein Blick nicht dringen kann. Die mächtigen Bergwände und Felshörner, auf denen der Nebel seine phantastischen Gaukeleien treibt und das innere geheimnissvolle Leben des Gletschers sich in lautem Krachen und blitzenden Eisstürzen verkündigt, von denen im Frühjahr unter den Tritten böser Geister die Lawine sich löst und zu Thal donnert, durch deren Runsen bei heftigen Regengüssen die zerstörende Schlammfluth sich niederwälzt und seine materielle Existenz in Frage stellt, von deren Felshängen er im Sommer das kärgliche Wildhen herabholt und auf denen dann ein einziger Fehltritt, ein einziger lockerer Stein, den er festsitzend geglaubt, ihn zerschmettert in die Tiefe wirft, von denen die Wasserfälle im endlosen Spiele ihrer Wogen, ewig wechselnd aus unbegreiflichen Gründen und doch immer dieselben, ins Thal herabrauschen, auf deren Hochtriften die Alphütte liegt, wo er in freiester Selbstbestimmung Wochen und Monate voll emsiger Thätigkeit wachend verträumt — all' dieses und noch vieles andere mehr, mit einer Welt voll Mühe und Gefahren, voll Beschränkung und Einsamkeit, staut seine Gedanken und Wünsche zurück in die eigene Brust, macht ihn ernst und träumerisch, fromm und unweltläufig, bieder und verlässlich, kraftvoll und muthig, der Freiheit gewohnt und ihrer bedürftig. Es gibt aber auch seinem Heimats-

gefühle ein condensirtes Substrat, das an den Bergen mit allen Wurzeln seines körperlichen und geistigen Lebens hängt und das sich, wenn ihm Gewalt angethan wird, durch eine das physische Dasein zerstörende Sehnsucht kundgibt.

Derselben Quelle entstammt denn auch die tiefe Religiosität der meisten Bergvölker. Dort, wo der Mensch in höherem Grade den Kräften der Natur, die er nicht mit Unrecht als den Ausdruck des göttlichen Willens erkennt, sich unterworfen sieht, und gegen welche seine eigene Kraft und Vorsicht keinen zureichenden Schutz gewährt, da wird er gerne von der eigenen Ohnmacht weg auf die Allmacht Gottes recurriren und von dieser die nöthige Hilfe sich erflehen wollen. Daher auch der mächtige Einfluss des Priesterstandes bei allen Völkern im Gebirge — eines Standes, der den Gläubigen zu allen Zeiten und an allen Orten der berufene Vermittler der göttlichen Gnade schien. So sehen wir schon bei den Griechen die Götter mit den Bergen in Verbindung gebracht; der Olymp war der Thron Jupiters und der Parnass der Aufenthalt Apollons und der Musen; so galt den alten Indiern ein Hochgipfel im Himalaya als der Sitz Indra's. Darum ist Tibet jetzt noch ein Priesterstaat und die Zahl, der Reichthum und die Macht der dortigen Klöster überschwenglich; darum war auch Schamyl nicht bloss Sultan, sondern nach dem Tode Kasi-Mollah's auch Oberpriester und Prophet seines Volkes, und aus derselben Ursache leben in den Urkantonen der Schweiz, in Tirol und in Spanien die alten religiösen Ansichten und Einrichtungen in kaum geschwächter Kraft fort und wehren sich mächtig gegen die von allen Seiten in die Berge eindringende Cultur, welche die elementaren Gewalten in der Natur so gut wie in den Köpfen der Menschen durch den Geist zu bewältigen sucht.

In den oben ausgesprochenen Sätzen ist aber auch das bei allen Bergvölkern in so hohem Grade ausgesprochene Gefühl und Bedürfniss der Freiheit zur Erwähnung gekommen. Die Berge leiden den Zwang nicht. Der Gebirgsbewohner, einsam in seinem Gehöfte lebend, auf seine eigene Kraft stehend und die Hilfe

Anderer wenig ansprechend, begreift das Recht nicht leicht, mit dem sich selbst die herkömmliche Staatsgewalt in seine Angelegenheiten mischt. Noch weniger aber wird er bereit sein, das Recht eines fremden Eindringlings anzuerkennen, besonders wenn er Neues, und sei es auch Besseres, an die Stelle des Altgewohnten zu setzen sich unterfängt. Die Stabilität alles dessen, was ihn umgibt, flösst seinem Geiste die Meinung von der Unveränderlichkeit aller menschlichen und göttlichen Satzungen ein. Daher die furchtbare Energie, mit welcher die Gebirgsvölker zu allen Zeiten übertriebene oder unüberlegte Forderungen der Staatsgewalt zurückzuweisen oder eines fremden Eroberers sich zu erwehren suchten. Wer denkt da nicht an den hundertjährigen Kampf der Samniter und an den späteren der Celtiberer gegen Rom, der Griechen gegen die Türken, der Tiroler gegen Bayern, der Tschetschenzen gegen Russland, der Kabylen gegen Frankreich u. s. f.

Dieser trennende, individualisirende, dafür aber die Herausbildung der Eigenart befördernde Einfluss des Gebirges hat nicht minder fast bei allen Gebirgsvölkern die Entwickelung demokratischen Geistes, freilich oft mit aristokratischen Elementen sonderbar verquickt, zur Folge gehabt. Der Mann im Gebirge, der auf seinem Hofe als Herr und König waltet, wird sich in seinem Selbstgefühle nicht leicht den Forderungen der Gesellschaft unterwerfen, insoferne er nicht selbst das Maass dieser Forderungen bestimmen hilft. In dem engen Kreise seines Daseins und seiner Ideen bedarf er der Gesellschaft kaum, auch zerstreut das Gebirge die Interessen der Einzelnen und ist ein hinderndes Moment der Vereinigung. Daher regelmässig die Zersplitterung der Bergvölker in kleine Republiken, die Schwäche der Staatengebilde und die lockeren Staatenbünde. So war es in Griechenland, in Klein-Asien, in Italien, im Alpenlande und in Spanien, bis entweder ein übergewältiges Schicksal alle diese kleinen Staaten verschlang oder eine höhere politische Cultur sie in festere Gemeinschaften verband.

Wir haben in den vorstehenden Absätzen das Gebirge als ein Princip der Absonderung hingestellt, das ist es aber auch mit Rück-

sicht auf die Fortschritte der Cultur. Diese bedarf der Expansion, um sich zu entwickeln; sie braucht eine fortwährende innige Berührung aller Theile des Volkes untereinander, die wie ein wolthatiger Luftstrom die Samenkörner des Fortschrittes so dicht ausstreut und so weit trägt wie möglich; sie braucht eine dichte Bevölkerung, von der ein Theil, unabhängig vom Feldbau, sich der Pflege von Kunst und Wissenschaft widmen, die Hilfsmittel der Bildung sammeln, die Schätze der letzteren in kleine Münze umsetzen und diese Münze leicht und in zureichender Menge vertheilen kann. Sie bedarf der Wissenschaft, um die Kräfte der Natur den Zwecken des Fortschritts dienstbar zu machen, der Menschen, um die Rohproducte des Bodens unter Steigerung ihrer Werthe in Kunstproducte zu verwandeln und des Handels, mit all' den mannigfaltigen Mitteln des Verkehrs, um die Früchte des eigenen Fleisses in anderen Ländern abzusetzen und durch Einfuhr fremder Erzeugnisse den Genuss und die Güter des Lebens zu mehren; sie bedarf der Flüsse und des Meeres, um auf dem Wege der Schifffahrt das eigene Volk als Ring in die Kette der Weltbewegung einzuführen, die besseren Einrichtungen der Fremde kennen zu lernen und zum Besten des heimatlichen Landes zu verwerthen u. s. f. Diese Art Expansion liegt nicht in der Naturanlage des Gebirges, und darum sind die Ebenen, Flachländer und Küsten immer die wahren Schauplätze der Kultur, der Städtebildungen und des Aufblühens der Gewerbe gewesen. So ging die Civilisation der griechischen Welt hauptsächlich von Athen, Syrakus und den grossen Handelsplätzen der Jonier in Klein-Asien, jene Italiens von der römischen Campagna, von Venedig, Genua und der lombardischen Ebene, jene Deutschlands von seinem Flachlande an der Donau, am Rhein und Main aus; und ebenso flossen in den älteren Perioden der Geschichte die Quellen der Cultur am reichlichsten aus Egypten, aus Tyrus und Sidon, aus Babylon und Ninive, aus dem Tieflande am Ganges und aus jenem China's. Die Kultur gleicht einem Schatze von schwerem Golde, der sich ohne die rechten Wege nicht leicht verführen lässt. Das Gebirge aber enthält dieser Wege weniger; die

Kämme sind hoch und steil, die Thäler sind eng und rauh und oft steben noch andere Hindernisse vor den Mündungen der letzteren nnd hüten sie vor dem Eindringen des schnöden, die Geistesarmuth verscheuchenden Metalles.

Im Alpenlande ist das freilich schon anders und besser geworden; in der Schweiz, in Vorarlberg, in Tirol, in Kärnten, Steiermark und Nieder-Oesterreicb ist die Industrie bereits tief in die Thäler eingedrungen, und insbesondere haben sich an vielen Orten in den östlichen Alpen einige bodenbeständige Gewerbe, wie sie Bernbard von Cotta nennt, zu grosser Blüthe emporgehoben. Auch die Verkehrsmittel haben sicb hier seit längerer Zeit ausserordentlich vermehrt. Die Eisenbahn über den Mont-Cenis durchbohrt mit ihrem wunderbaren Tunnel die Hauptkette der westlichen Alpen, eine andere Schienenlinie übersetzt den Brenner, eine dritte windet sich durch die Defiléen bei Altenmarkt, Rottenmann, Judenburg und Wurzen und eine vierte endlich überquert den Semmering; eine grosse Zahl herrlicher Strassen verbindet beide Abhänge der Alpen und die Tbeile dieses Gebirges untereinander, so zwar, dass, wie Ritter sagt, „das imponirende Alpensystem kein isolirender Naturtypus mehr für seinen Erdtheil ist; es ist kein wildes, öde aufstarrendes, unwirthliches Polarland in der Mitte der gemässigten Zone, wie die hohe Wüste Gobi auf dem Plateau der Mongolei . . . . denn überall führen, tbeils zu den Seiten, theils mitten hindurch Stromthäler, Thalschluchten, Pässe und die verschiedenen Arten natürlicher und künstlicher Communicationen. Es vereinigt das Maximum der Erhebungen mit dem Maximum der Passagen“. — Dennoch ist im Alpenlande die relative Anzahl der Verbindungen weit geringer als in der Ebene und das Gebirge deshalb ein Hinderniss des Verkehrs, in mercantiler Beziehung so gut wie in geistiger. Weit mehr aber ist dies bei anderen Gebirgen der Fall, wie z. B. bei den Pyrenäen, bei den Gebirgen der türkisch-griechisehen Halbinsel, beim Kaukasus, beim Himalaya, bei den Cordilleren u. a. m.

In dieser Qualification des Gebirges als Verkehrshinderniss

liegt endlich auch seine Bedeutung in politischer und militärischer Beziehung. So sehen wir die Gebirge, wo dies immer angeht, die Grenzen der Staaten gegen einander bilden. Die Pyrenäen trennen Frankreich von Spanien; die Westalpen Frankreich von Italien; die Vogesen Frankreich von Deutschland; der Böhmerwald, das Erz- und das Riesengebirge liegen zwischen Oesterreich und Deutschland, die Karpathen trennten einst Ungarn von dem Königreiche Polen, das kurdische Gebirge scheidet Persien von dem osmanischen Reiche u. s. f. Aber der Werth der Gebirge liegt in diesen Fällen nicht immer blos darin, dass sie für grosse Heere, aus militärischen und administrativen Gründen, schwer zu übersetzen und für den angegriffenen Theil leicht zu vertheidigen sind, sondern es ist dieser Werth auch noch darin zu erblicken, dass der Angreifer, wenn er das Gebirge überschritten, sich nur schwer auf die Hilfsmittel des eigenen Landes stützen kann. Die militärische Sprache sagt in diesem Falle, die Basirung des eigenen Heeres ist eine schwierige, weil es dann mit den Resourcen des eigenen Landes nur durch den dünnen Faden eines langen, beschwerlichen Defilées, der vom Feinde leicht durchschnitten werden kann, zusammenhängt. Dieser Umstand wird um so gefährlicher sein, als hohe Gebirge gewöhnlich die Grenzmarken grosser Nationalitäten bilden, von denen die angegriffene zur Vertheidigung des eigenen Herdes die ganze Volkskraft aufbieten und verwenden, der Angreifer aber stets nur mit einem Bruchtheile seiner Streitmittel wirken kann.

Aus diesem Grunde bilden Gebirge wichtige politische Barrièren, die der eine Theil nur bei übergrosser Machtfülle und selbst da nicht immer ohne Bedenken überschreiten darf. So erlag im sogenannten Halbinselkriege das übermächtige, mit seiner Basis nur ungenügend verbundene französische Heer dem allgemeinen, vom wildesten Hasse geschürten und unterhaltenen Aufstande des spanischen Volkes. Mit ähnlichem Misserfolge kämpften die deutschen Kaiser um die Herrschaft über Italien, und aus demselben Grunde war vielleicht auch die Stellung Oesterreichs in diesem Lande auf längere Dauer unhaltbar. Noch liessen sich mehrere andere, hierher

gehörige Beispiele anführen, die jedoch dem geschichtskundigen Leser so gut wie mir zu Gebote stehen.

Wie aber kam es, dass die Gebirge zu solchen Landmarken der Völker wurden? Die Ursache lag eben wieder in der dem Gebirge innewohnenden Fähigkeit zu trennen und abzusondern, und zwar sowol in natürlicher als in politischer Hinsicht. Als die europäischen und asiatischen Völker in der Schwärmzeit der Völkerwanderung, und theilweise auch noch früher und später, die Stätten für ihren bleibenden Aufenthalt suchten, als sie diese Stätten endlich fanden und sich auf ihnen häuslich und staatlich einrichteten, ging es für einen solchen Volksstamm nicht leicht an, sich dies- und zugleich jenseits eines hohen Gebirges anzusiedeln. Er hätte durch diese Trennung seine Kraft geschwächt, weil einer der Theile den Angriffen eines mächtigen Nachbars ausgesetzt gewesen wäre, ehe der andere Theil zu seiner Hilfe hätte herbeieilen können. Darum ist jeder wandernde Volksstamm bei seiner endlichen Niederlassung sicher nur auf einer Seite des Gebirges sitzen geblieben. Auch mag ihm in vielen Fällen, bei dem Mangel geeigneter Communicationen, die Uebersetzung mächtiger Gebirgsketten unmöglich oder gefährlich erschienen sein. So sehen wir die Heeresmassen der Cimbern und Teutonen, gefolgt von ihren Familien und Heerden, zuerst in Noricum erscheinen, wo sie den Consul Papirius Carbo auf's Haupt schlugen, worauf sie, den Uebergang über die Julischen Alpen scheuend, längs dem ganzen langen Nordfusse der Alpen westwärts zogen und sechs Jahre später wieder in Helvetien auftraten. Von hier aus überschritten die Cimbern das Gebirge und wurden von Marius auf den Campis Raudiis bei Vercelli vernichtet, welches Schicksal später die Teutonen und Ambronen bei Aquae Sextiae in fast gleichem Grade ereilte. So blieben ferner in den Zeiten der Völkerwanderung die Ostgothen und später die Longobarden nur jenseits, die Bojuwaren, Sueven und Burgunden nur diesseits der Alpen. Die Westgothen hielten in ihrem Zuge vorerst diesseits der Pyrenäen inne, bis sie nachher ganz und gar über dieselben nach Iberien wanderten u. s. f. War aber einmal

ein Volk diesseits und ein anderes jenseits des Gebirges sesshaft geworden, so verhinderte dies selbstverständlich die Verschiebung der Grenzen, und so konnten die Völker zu beiden Seiten, entweder wie in Italien die vorhandenen Elemente der Civilisation in sich aufnehmen und fortwirken lassen, oder sie konnten neue und volksthümliche Formen der Cultur aus sich heraus entwickeln und die Eigenart zur vollen Entfaltung bringen. Darum trennen die Alpen heutzutage nicht blos den Himmel, die Lüfte, die Flora und Fauna Hesperiens und Mittel-Europa's, sondern auch das germanische Element vom romanischen, die Sprache und Sitte, die moralischen und socialen Zustände, sowie die Staatenbildungen der Germanen und Romanen.

I.

OROPLASTISCHER THEIL.

A. Von der absoluten und relativen Höhe.

1. Die Oberfläche des Erdkörpers stellt sich uns in zwei gegensätzlich verschiedenen Formen dar. Die eine dieser Formen ist rigid und heisst Land, die andere ist flüssig, wir nennen sie Wasser und in ihrer Gesammtheit Weltmeer. Jene erscheint in einigen grossen und vielen kleinen Massen angeordnet und nimmt von der Oberfläche der Erde etwa den vierten Theil ein; diese umgibt das Land und nimmt von der Erdoberfläche nicht ganz drei Viertheile für sich in Anspruch. Von den kleinen Wasseransammlungen auf dem Lande, die im Ganzen verhältnissmässig ohnehin nur sehr unbedeutend sind, wollen wir an diesem Orte absehen.

Die Oberfläche des Weltmeeres oder der Meeresspiegel ist zugleich jene Fläche, welche die Form des Erdkörpers am reinsten darstellt. Sie steht an jedem Orte senkrecht auf die Richtung der Schwere, und wenn wir alle Punkte dieser Fläche als gleich weit von dem Mittelpunkte der Erde abstehend annehmen, so erhalten wir jenen kugelförmigen Wasserhorizont, der uns für alle Unebenheiten der Erdoberfläche als ein allgemein verständlicher und natürlicher Vergleichshorizont, als „Nullpunkt der Scala auf- und abwärts zur Messung und Vergleichung der Hervorragungen und Einsenkungen der Erdrinde“ dienen, und nach dem wir sonach alle Betrachtungen von Hoch und Tief beginnen und alle Höhenwerthe ermitteln können.

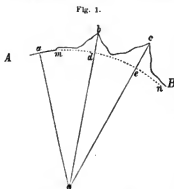
2. Die Höhenverhältnisse der äusseren Theile der rigiden Erdform sind es, welche das Auftreten derselben hier als Land in Continenten und Inseln, dort als Meeresgrund, d. h. vom flüssigen Elemente bedeckt, bedingen. Jene sind weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt als der Meeresspiegel und können also vom Flüssigen nicht überfluthet sein; diese hingegen stehen dem Mittelpunkte der Erde näher als der Wasserhorizont und liegen dess-

halb unter demselben. Dies zeigt, wie wichtig die Höhenverhältnisse des Erdfesten für die Vertheilung von Land und Wasser sind und führt uns zugleich auf die geometrische Beziehung eines jeden Punktes zur Meeresfläche, gemäss welcher er seine Lage über oder unter derselben hat. Diese in bestimmten Maassen ausgedrückte Beziehung nennen wir die absolute Höhe.

Aber selbst auf dem Lande offenbart sich die ganze unermessliche Mannigfaltigkeit der Formen nur durch die Verschiedenheit der absoluten Höhen. In dieser Verschiedenheit liegt das Gesetz eingeschlossen, nach welchem die Masseu im Raume vertheilt sind. Zur Ermittlung dieser Verschiedeuheit werden die Höheu jener Massen auf einander zu beziehen sein. Wir werden nämlich eine der Höhen über dem allgemeinen Vergleichshorizont mit einer anderen analogen Höhe vergleichen müssen, um die Frage zu beantworten, welche von beiden Höhen die grössere und wie gross der Unterschied dieser Höhen ist. Diesen Höhenunterschied nennen wir die relative Höhe.

3. Absolute und relative Höhe. Sucheu wir nach einer strengeren Definition beider Begriffe, so werden wir sagen: die absolute Höhe eines Ortes ist gleich der Entfernung dieses Ortes von dem Mittelpunkte der Erde vermindert um die Entfernung des Meeresspiegels von dem Mittelpunkte der Erde. Mit anderen Worten: die absolute Höhe eines Ortes ist die verticale Entfernung dieses Ortes von dem bis unter oder über den Ort fortgesetzt gedachten Meeresspiegel.

Fig. 1.



Es sei z. B. in der nebenstehenden Figur AB ein Theil der Erd-Oberfläche, a der Meeresspiegel, o der Erdmittelpunkt und mn der im Sinne der sphäroidalen Krümmung der Erdoberfläche fortgesetzt gedachte Meeresspiegel, so ist die absolute Höhe

für den Punkt $b = ob - oa = bd$

" " " $c = oc - oa = ce$

und demnach die relative Höhe oder der Höhenunterschied der Punkte b und $c = ce - bd$.

Wenn also die absolute Höhe angibt, um wie viel irgend ein Punkt den allgemeinen Vergleichshorizont, d. h. den Meeresspiegel

überhöht, so wird die relative Höhe lehren, um wie viel ein Punkt höher ist als ein anderer.

Betrachten wir nun die absoluten Höhen, der obigen Definition gemäss, als **positive** Grössen, so werden wir die gleichnamigen Höhen aller derjenigen Punkte, die unter dem allgemeinen Vergleichsniveau liegen, d. h. deren Entfernung vom Erdmittelpunkte kleiner ist als die des Meeresspiegels, als **negative** Grössen erhalten. Jene werden wir demnach mit dem +, diese mit dem — Zeichen ausdrücken können. Auf dieselbe Weise werden ja auch die östlichen und westlichen geographischen Längen oder die östlichen und westlichen Abweichungen der Magnetnadel von der Mittagslinie unterschieden. — Negativ sind also die absoluten Höhen aller Punkte des Meeresgrundes, und dasselbe ist bei den Böden vieler Landseen der Fall In Bergwerken und bei Bohrlöchern wird gar nicht selten bis auf mehr oder minder bedeutende negative absolute Höhen hinabgegangen. Doch nicht genug! es gibt selbst auf der Oberfläche der Erde eine nicht unbeträchtliche Anzahl oft sehr ausgedehnter Strecken von negativer absoluter Höhe. So liegt z. B. der über 6200 geographische Quadratmeilen umfassende Spiegel des Kaspisees, das Thal des Jordanflusses mit dem Todten Meere zusammen 36 Meilen lang, die grosse nordöstliche über 60 Meilen von Ost nach West sich erstreckende Depression der lybischen Wüste und andere Gegenden mehr, unter dem Niveau des Meeresspiegels.

4. Ich lasse hier etliche Verzeichnisse der hervorragendsten absoluten Höhen positiven und negativen Zeichens folgen:

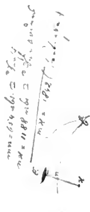
a) Die **grösste absolute Höhe der Erdfeste** ist der Gaurisankar oder Mount Everest im Himalaya mit . . . . + 27212 P. F.

Die bisher entdeckte **geringste absolute Höhe des Erdfesten** ist die von Ringgold im atlantischen Ocean gelothete Tiefe des Meeresgrundes mit . . . . — 39700 „

b) Der **tiefste** (seit langer Zeit ersäufte) **Schacht** scheint der bei Kuttenberg in Böhmen zu sein. Derselbe geht bis auf 3545 F. unter Tag; liegt nun das Mundloch dieses Schachtes 1000 F. über Meer, so beträgt die absolute Höhe des Schachtendes circa . . — 2545 „

Die **tiefste** gegenwärtig im Betrieb befind-

liche Grube ist die Row Bridge-Grube bei Wigan in Lancashire; die absolute Höhe des Grubenortes ist	— 2424 P. F.
Das tiefste Bohrloch ist jenes zu Sperenberg bei Berlin, welches im Jahre 1870 bereits bis zur Tiefe von 5500 F. unter Tag getrieben war. Beträgt nun die Seehöhe jener Ortschaft 470 F., so hat das untere Ende des Bohrloches die absolute Höhe von	— 5030 „
c) Die grössten negativen Höhen von Seeböden sind:	
des Todten Meeres	— 2936 „
„ Lago maggiore	— 1967 „
„ Baikal-Sees	— 1940 „
„ Caspi-Sees	— 1276 „
„ Lago di Como	— 1188 „
„ Lago di Garda	— 701 „
„ Lago d'Iseo	— 443 „
„ Huronen- und Michigan-Sees	— 428 „
„ Ontario-Sees	— 267 „
„ Oberen-Sees	— 208 „
u. s. w.	
d) Die bisher bekannt gewordenen Einsenkungen der Erdoberfläche mit negativen absoluten Höhen sind folgende:	
das Todte Meer in Palästina, 23·3 geographische Quadratmeilen gross, mit	— 1236 „
das mittlere und untere Jordanthal mit dem See Genesareth, 15 Meilen oberhalb des Todten Meeres; der See Genesareth	— 700 „
der Assal-See im Somâli-Lande mit	— 600 „
die Oase Bir-Ressam in der nordöstlichen Sahara mit	— 320 „
das Salzbecken Assali und des Raguali-Flusses, südöstl. von Massaua-Afrika	— 200 „
das Todten-Thal (Death Valley) im Districte Arizona, Nordamerika	— 175 „
die Oase Audjila in der nordöstlichen Sahara mit	— 160 „



die Oase Sueh Agerun ebendaselbst mit		—	160	P. F.
die Oase Sinah (Siwah)	„ „	—	154	„
der Brunnen Morharha	„ „	—	154	„
die Oase Djalo	„ „	—	95	„
der Kaspisee, der Seespiegel mit	. .	—	78	„
der Soda Lake in Arizona, Nordamerika		—	70	„

Die relative Höhe oder der Höhenunterschied wird meistens positiv angegeben, d. h. es wird gewöhnlich die kleinere absolute Höhe von der grösseren abgezogen. Bei trigonometrischen Nivellements aber, wo die Höhendifferenzen im Vergleiche mit dem Horizonte des Standortes ausgemittelt werden, wird die relative Höhe selbstverständlich dort positiv sein, wo der gemessene Verticalwinkel über — und negativ, wo dieser Winkel untor dem Horizonte des Standortes liegt.

Die absoluten und relativen Höhen für alle Theile des Bodens genau erkannt, können allein uns ein richtiges Bild über die Vertheilung von Hoch und Tief auf der Erdoberfläche zu Stande bringen. Sie allein werden uns dahin führen, die Unterschiede der Formen zu erkennen, sie auf bestimmte Typen zurückzuführen, und trotz der grossen Unregelmässigkeit dieser Formen in Gestaltung und horizontaler Vertheilung, die Gesetze ihrer Anordnung im Raume aufzufinden. Aus diesen Gründen wurde diesen beiden Grundbegriffen hier die erforderliche Aufmerksamkeit zugewendet.

B. Von den Grundformen des Bodenreliefs.

5. Ebenes Land, Bergland. Die Oberfläche des Landes erscheint uns mit Rücksicht auf ihre verticale Gliederung zunächst in zwei Grundformen, als ebenes Land und als bergiges Land — Ebene und Bergland.

Unter einer Ebene verstehen wir eine solche Fläche, bei welcher von einem Punkte zu jedem anderen die absoluten Höhen nahezu dieselben, demnach die Höhendifferenzen unbedeutend sind. Als Bergland hingegen werden wir diejenigen Theile der Erdoberfläche bezeichnen, wo sich schon in kurzen Zwischenräumen ein mehr oder minder namhafter Wechsel der absoluten Höhen vollzieht, und wo demnach auch die relativen Höhen von einem Punkte zum anderen bedeutend sind. In diesen beiden Begriffen reflectirt sich der erste und wichtigste, überall, auch

weitab vom Meere, erkennbare und giltige Gegensatz in den Verhältnissen des Bodenreliefs.

Ich halte diesen Gegensatz wichtiger als den zwischen Berg und Thal, weil dieser erst im Berglande selbst Geltung erlangt, und dann, weil er sich mehr auf specielle, locale und nicht auf grosse und allgemeine Verhältnisse bezieht.

Das ebene Land bildet weitaus die vorherrschende Oberflächenform des Erdfesten, auf dem Lande so gut wie auf dem Meeresgrunde. Es ist im nördlichen Asien und östlichen Europa, in Nord- und Südamerika, wie auch in Neuholland ausserordentlich verbreitet und nimmt nur in Afrika verhältnissmässig geringe Räume ein.

6. **Tiefebene, Hochebene.** Ebenen können tief oder hoch liegen, das heisst, sie werden in dem einen Falle das Meeresniveau nur wenig überragen, in dem anderen Falle aber wird ihre mittlere absolute Höhe eine mehr oder minder grosse sein. Jene werden wir desshalb Tiefebenen, diese Hochebenen nennen. Da sich nun die Continente, der Natur der Sache nach, von ihren Rändern gegen das Innere hin erheben, so werden die Tiefebenen mehr an den Küsten, die Hochebenen mehr im Innern der Festländer zu finden sein. Ja es gibt sogar Küstenstriche, die in ziemlicher Erstreckung unter dem Niveau des Meeres liegen, was bei Theilen von Holland und bei den Umgebungen des Kaspisees der Fall ist.

7. **Tiefland.** Die Tiefebene von mässiger Ausdehnung wird diesen Namen schlechtweg führen; so sind die Ebenen am Po, am Arno und in Campanien, jene am Ebro und am Guadalquivir, an der Rhone, am Mittelrhein, an der mittleren Donau, an der Maritza, am Vardar, an der Salamvria u. dgl. m. Tiefebenen rundweg. Verbreitet sich jedoch diese Bodenform zusammenhängend über sehr ansehnliche Räume nach Länge und Breite, so dass die Area derselben nur nach Tausenden von Quadratmeilen gemessen werden kann, so nennt man sie ein Tiefland. In diesem Sinne fasst man die ebenen tiefliegenden Flächen des östlichen Europa vom Ural bis zur Weichsel als sarmatisches, jene zwischen Weichsel und Rhein als germanisches, jene in Nord-Asien als sibirisches, jene am Kaspi- und Aralsee als turanisches, die am Indus und Ganges als indisches Tiefland zusammen.

8. Das nachstehende, dem Handbuche der physischen Geographie von Klöden entnommene Verzeichniss zeigt die wichtigsten Tiefländer der Erde sammt ihren Flächen-Inhalten:

	□Meilen
In Europa	
das sarmatische Tiefland	95640
„ germanische u. holländische Tiefland	6800
„ französische Tiefland . . .	4900
„ skandinavische „ . . .	3500
„ englische „ . . .	2230
die Halbinseln Kanin und Kola .	2000
das nieder-ungarische Tiefland	1800
In Asien	
das sibirische Tiefland	225000
„ turanische „	32200
„ indische „	24000
die Kirghisen-Steppe	18200
das syrisch-arabische Tiefland .	13000
„ chinesische „ .	10000
die hinterindischen Tiefländer .	8000
„ dsungarischen „ . . .	3000

	□Meilen
In Nord-Amerika	
das arktische Tiefland	100000
die Savannen des Mississippi .	70000
„ atlantische Küstenebene .	10000
In Süd-Amerika	
die Selvas des Amazonas . .	137250
„ Pampas des La Plata . .	76000
„ westlichen Küstenebenen von Chili, Bolivia u. Peru	18000
„ Llanos des Orinoco . .	16000
das Tiefland des Magdalenenflusses	5000
„ Tiefland von Guayana . .	2550
In Afrika	
die Tiefländer am Nil, in Senegambien u. a. .	170000 (?)
In Australien	
meist im Innern	120000.

9. Höhengrenze des Tieflandes. Da die Tiefebenen von der Küste, als ihren tiefsten Punkten, allmälig nach der Richtung, aus welcher die Flüsse kommen, ansteigen, so wird sich die Frage erheben, in welcher absoluten Höhe das Tiefland endigt und das Hoch- oder Bergland beginnt. So steigt z. B. die lombardische Tiefebene vom Meere weg unmerklich, d. h. ohne irgend eine Unterbrechung durch eine Landstufe, derart gegen Westen an, dass sie bei Turin bereits die Höhe von 770 F. erreicht. Auf ähnliche Weise erhebt sich das germanische Tiefland gegen Süden in der Art, dass es bei Breslau schon 456 und bei Ratibor gar schon 864 F. hoch liegt, ohne dass sich irgendwo ein Bodenabsatz vorfände, an welchem die Qualification der Ebene als Tiefland ein physisch motivirtes Ende zu nehmen hätte. Die Natur liebt hier wie überall die allmäligen Uebergänge und setzt dadurch die wissenschaftliche Terminologie vielfach in Verlegenheit.

Wenn also im Allgemeinen dem Tieflande keine bestimmte Höhengrenze nach oben zu setzen ist, so kann dasselbe andererseits, bei dem Absein einer trennenden Landstufe, doch nicht bis auf eine verhältnissmässig übergrosse Höhe ausgedehnt werden, weil sonst der Name Tiefland mit der Natur in Widerspruch geriethe. Humboldt hat die absolute Höhe von 1200 F. als Grenze für das Tiefland angesetzt. Ich meines Ortes möchte diese Bestimmung etwas präciser fassen und wie folgt sagen: wenn irgendwo eine Bodenstufe in der beiläufigen Höhe von 600—700 F. über dem

Meere (die Höhe für die Aenderung der Temperatur um 1 Grad R.) einen natürlichen Abschnitt darstellt, so hört daselbst das Tiefland auf; ist dies aber nicht der Fall, steigt nämlich der Boden ganz unmerklich an, so kann das Tiefland ohne Bedenken selbst bis zur absoluten Höhe von 1200 F. fortsetzend gedacht werden.

10. **Unebenheiten des Tieflandes.** Obgleich es Tiefebenen gibt, die bei sehr geringem Gefälle gar keine Unebenheiten zeigen, also beinahe vollkommene Ebenen (im geographischen Sinne) sind, so ist dies doch nur selten der Fall und es erscheint fast jede Tiefebene, und noch mehr jedes Tiefland, auf die mannigfaltigste Weise in seiner Ebenheit gestört. Bald sind es kleine, bald grössere isolirte, bald niedrige oder höhere zusammenhängende Höhenzüge oder Einsenkungen, welche den normalen Verlauf der Ebene unterbrechen und verunstalten. Insbesondere sind es die Wasserscheiden, die bei sehr ausgedehnten Tiefländern niemals fehlen, sie in der Form von Hügelzügen oder breiten, plateau-artigen, wenn auch im Ganzen nur sehr niedrigen Massen durchziehen und sie in Systeme von Erhöhungen und flachen Mulden auflösen. Diese Mulden, meistens das Ergebniss der Wassererosion, bezeichnen dann auch jetzt noch die Richtung der Flussläufe und daher nicht minder die Stellen intensivster Bodencultur, oder sie sind, wenn die Neigung der Mulde zu gering, oft in weitem Umfange versumpft.

Solche Höhenzüge besitzt z. B. das englische Tiefland in seinen Downs, die, aus einem gemeinsamen Knoten in Somerset ausstrahlend, in vier zusammenhängenden Hügelreihen die Ebene durchziehen und die Flussthäler der Themse und südlichen Ouse, mit den reichen Culturebenen von Middlessex und Bedford, zwischen sich nehmen. Aehnliche Verhältnisse offenbart das germanische Tiefland mit seinen isolirten Hügelgruppen in Westphalen und Braunschweig und mit seiner Doppelreihe sandiger und theilweise seenbedeckter Plateaux, und ebenso auch das sarmatische Tiefland, das von den Quellen des polnischen Bug angefangen, bis zu den Quellen der Petschora im Ural, von der europäischen Hauptwasserscheide gequert und nebst der finnischen Gneissplatte von zwei grossen Erhebungssystemen durchzogen ist, zwischen denen sich die Niederungen der Weichsel, der Düna, des oberen Dnjepr und der mittleren Wolga ausbreiten.

11. **Flachland, Landschwellen, Landrücken.** Dies stellt uns die Gelegenheit zur Hand, in den Formenverhältnissen des Tieflandes zwei Typen zu unterscheiden. Wir nennen Flachland

jene Tiefebene, oder jenen Theil derselben, der von einzelnen, unter sich nur wenig oder gar nicht verbundenen und durch mehr oder weniger breite Strecken ebenen Landes getrennten Höhen, Höhenzügen und Vertiefungen durchzogen ist; jene Höhenzüge aber, welche in stetiger Folge zwei ausgedehnte Depressionen des Tieflandes scheiden, werden wir als Landschwellen, Landrücken bezeichnen. Es ist dabei gleichgiltig, ob diese Landschwellen wirkliche Wasserscheiden darstellen oder von den Flussläufen durchbrochen sind, ob sie als Hügelreihen oder als breite flache Plateaux auftreten. Sie können hie und da für das Auge sogar schwer erkennbar sein; in keinem Falle aber dürfen sie, allenfalls von wenigen einzelnen Punkten abgesehen, das dem Tieflande noch gestattete Maass absoluter Höhe überschreiten.

Die eine Ebene zum Flachlande umstaltenden Reliefformen sind demnach: isolirte Hügel oder Berge, Hügelgruppen, zusammenhängende Hügelzüge oder Plateaux, breite Einsenkungen, mehr oder minder tief in den Boden eingeschnittene Flussrinnen, bewegliche Sandwellen, Dünen u. dgl. Rücken diese Unterbrechungen ohne Veränderung ihrer relativen Höhenmaasse nahe zusammen, so entsteht ein Hügelland.

12. **Geognosie der Tiefebenen.** Der Boden der europäischen Tiefebenen ist meistens aus diluvialen und tertiären, an vielen Orten aber auch aus den Gebilden älterer Formationen zusammengesetzt. So ist z. B. das niederrheinische, germanische und sarmatische Tiefland, letzteres bis über den Dnjepr hinaus, von den erratischen Gebilden des Diluviums bedeckt, mit welchen sich in den Niederungen an der Ems, Weser, Elbe, Havel, Oder, Warthe, Weichsel, am Narew und Pripet zum Theil fruchtbare Alluvien, zum Theil ausgedehnte Torflager verbunden haben. Die provençalische, oberrheinische, die österreichischen, die beiden ungarischen und die lombardische Tiefebene gehören den diluvialen Geschieben an, die ebenfalls an vielen Orten von Alluvien verhüllt und von miocenen Ablagerungen umsäumt oder inselartig durchbrochen sind. Die Ebenen des Ebro und Quadalquivir, das Pariser Becken, die rumelische und der grösste Theil der wallachischen Tiefebene besteht, abgesehen von den Alluvien in den Niederungen, aus miocenen, das Garonnebecken zur Hälfte aus miocenen, zur anderen Hälfte aus pliocenen Sedimenten. Die Tiefebenen in England sind aus eocenen, Kreide- und Jura-Gebilden, jene in Skandinavien aus kristallinischen Schiefern und das grosse sarmatische

Tiefland in Finnland aus Gneiss, in Süd-Russland theilweise aus Granit und dann aus den Gliedern fast aller jüngeren Formationen zusammengesetzt. Aber selbst da, wo ursprünglich feste Gesteine zu oberst lagen und von Schwemmgebilden nicht verhüllt wurden, da hat die Verwitterung jene festen Massen aufgelockert und aus den Zersetzungsproducten ein für die Ansiedlung der vegetabilischen Natur mehr oder minder geeignetes Substrat geschaffen. Dies hat nur dort eine Ausnahme erlitten, wo grosse Kälte oder Wassermangel dem Wachsthume der Pflanzen entgegensteht, oder wo ausschliesslich sandige und salzige Residua jemaliger Meeresbecken die Entwicklung einer ergiebigen Vegetationsdecke verhinderten. Und so finden wir den Boden der Tiefebenen aus allerlei Geröllen, aus losen Steinbrocken, aus Quarz- und Kalksand, aus Thon und Pflanzenmoder in mannigfaltigster Mengung zusammengesetzt, und stellenweise mit Torf, mit Sümpfen, mit Salzkrusten und sogar, wie in Finland und auf dem Granitplateau Süd-Russlands, mit kahlen Felsplatten bedeckt. Hieraus ergeben sich von selbst die verschiedensten Grade der Fruchtbarkeit des Tieflandes, vom reichsten Ackerboden bis zur öden vegetationslosen Steppe.

13. **Hochebene.** Innerhalb des Begriffes der Ebene ist der Tiefebene die Hochebene entgegengesetzt. Wir bezeichnen mit diesem Namen eine ebene Fläche, die nach Obigem, wenn sie nämlich die Fortsetzung einer Tiefebene ist, bei 1200 F. absoluter Höhe beginnt, sonst aber mindestens 600 F. über dem Meere liegt. Ihre Höhengrenze nach oben ist selbstverständlich keiner Schranke unterworfen.

14. **Plateau, Terrasse.** Bei den Hochebenen werden wir zunächst zwei Hauptformen unterscheiden können. Macht nämlich die Hochebene den höchsten Theil eines Berges oder eines grösseren Gebirgsmassivs aus, so nennen wir sie ein Plateau oder eine Platte; hat sie jedoch ihre Lage zwischen den höchsten Theilen des Gebirges und dem Tieflande, so wird sie eine Terrasse oder Bergstufe, Gebirgsstufe genannt. Für Plateau wird zuweilen auch das Wort Scheitelfläche verwendet.

15. **Tafelland, Terrassenland.** Bei sehr grosser Ausdehnung in die Länge und Breite erweitert sich das Plateau zum Tafellande, die Terrasse zum Terrassenlande.

So werden wir die ebene, räumlich nicht allzu beschränkte Oberfläche eines Berges als Plateau, die 7000 F. hohe Hochfläche von Anahuac aber, auf der nach Humboldt ein Wagen auch ohne

Strasse 200 Meilen weit leicht fortbewegt werden kann, als ein Tafelland bezeichnen.

Es ist klar, dass uns bei dem geringen Umfange eines Plateau's die Ebenheit desselben als ein unentbehrliches Erforderniss erscheinen wird. Anders ist dies bei einem Tafellande. Ungleich der Strenge in der Auffassung des Tieflandes hat hier die Wissenschaft mit Recht eine freiere Ansicht gestattet. Bei einem Tafellande tritt nämlich die Forderung an sein Ebensein in dem Maasse zurück, als es an Grösse zunimmt. Der Begriff schliesst sich hier mehr an die grossen, die Form im Ganzen beherrschenden Verhältnisse an. Denn so wie uns z. B. die Oberfläche eines Gartenbeetes, ungeachtet seiner relativ oft nicht unbeträchtlichen Unebenheiten, aus einiger Entfernung angesehen, im Ganzen dennoch eben genug erscheint, ebenso werden bei sehr ausgedehnten Tafelländern, da wir sie im Geiste ebenfalls aus der Ferne betrachten, selbst grosse Unebenheiten, wie sie durch Berge und Thäler hervorgebracht werden, den Plateau-Charakter derselben zu stören nicht im Stande sein. Nebenstehendes Diagramm wird die Wahrheit des Gesagten verbildlichen.



Profil eines gebirgigen Plateau's *).

Fig. 2.

So werden wir also von einem hinterasiatischen Tafellande sprechen dürfen, obgleich demselben Bergketten aufgesetzt sind, deren Höhen die der Alpen in Europa weitaus übertreffen. Dasselbe gilt von dem vorderasiatischen Tafellande, von dem Tafellande von Dekhan, von Arabien, Süd-Afrika u. a. m. Ein Verhältniss zwischen der horizontalen Ausdehnung des Tafellandes und der Höhe der Hervorragungen, bei welcher der Begriff Tafelland noch anwendbar oder nicht mehr anwendbar erscheint, ist aufzustellen bisher noch nicht versucht worden.

16. **Tafelländer der Erde.** Die Tafelländer der Erde sind folgende: 1. In Europa kann keine der vorkommenden Erhebungsmassen als Tafel-

*) Wird hier die Länge des Tafellandes mit 50 Meilen angenommen, so überragen die Berge das mit einer feinen Linie bezeichnete Mittel-Niveau desselben um eine volle Meile.

land bezeichnet werden, da keine die hierzu erforderlichen Dimensionen aufweist. Am ehesten liessen sich noch die ausgedehnten centralen Hochflächen des pyrenäischen Gebirgssystems in Spanien und die des skandinavischen Gebirges in seinen nördlichen und südlichen Theilen als Tafelländer auffassen. Aber bei der grossen Unebenheit beider ist ihre Area zu klein.

2. Anders steht es in dieser Beziehung mit Asien, jenem grössten der Erdtheile, wo alle natürlichen Typen in höchster Ausbildung und die Gegensätze in ihren schärfsten Contrasten anzutreffen sind. Hier nennen wir: *a)* Das hohe Tafelland von Tibet und des Himalaya, zwischen Indien, der hohen Tartarei und China, bei 50000 geographische Q.-Meilen gross, im westlichen Theile (nach dem Meridian des Pangong-Sees) 15600 P. F., im Osten, wenn nicht höher, doch mindestens eben so hoch, die Kämme mit den höchsten Gipfeln der Erde besetzt und mit Pässen bis über 19000 P. F. absoluter Höhe, im Innern von den grossen Längenthälern des Indus, Tschinab, Satledsch und Brahmaputra durchfurcht und häufig aus Hochflächen bestehend, die, von Hügeln und niedrigen Bergen durchzogen, oft 20 und mehr Tagreisen lang nicht unter die Höhe des Montblanc herabsinken. *b)* Das Tafelland des Bolor (Tagh oder die Pamir-Steppe, zwischen Ostturkestan und Turan, 60—70 Meilen lang, 12 Tagreisen oder 30 Meilen breit und im Mittel bei 12000 F. hoch. *c)* Das vorderasiatische Tafelland zwischen Indus und Tigris, mit einer Area von 36000 geographischen Q.-Meilen, im Norden und Osten höher als im Westen und Süden; bei Kabul und Kelat 8000, zwischen Schiras und Teheran 5000 P. F. hoch; an den Rändern und im Innern bergig und mit grossen sandigen Wüsten bedeckt. *d)* Das Tafelland von Dekhan in der vorderindischen Halbinsel, 34000 Q.-Meilen umfassend, 2000—3000 F. hoch, mit hohem Westrand und deshalb gegen Osten geneigt. *e)* Das Tafelland von Arabien, in der arabischen Halbinsel, 40000 Q.-Meilen gross, 4000 bis 5000 F. über dem Meere, im Innern eben und bergig, im Süden vorherrschend wüst.

3. In Afrika begegnen wir zuvörderst: *a)* Der über 100,000 Q.-Meilen enthaltenden Wüste Sahara, die, mit Ausnahme des westlichen kleineren Theiles (Sahel) und der oben erwähnten Einsenkungen im Nordosten, der Hauptsache nach ein 2000—3000 F. hohes, theils sandiges, theils steiniges, von kahlen felsigen Bergen und trockenen Wasserrinnen (Wadi's) durchzogenes Tafelland bildet. *b)* Das Tafelland der Mandingos zwischen Sudan und Senegambien

etwa 60—70 Meilen lang und breit, wenig bekannt. *c)* Das südafrikanische Tafelland oder Hochafrika, circa 200.000 Q.-Meilen gross und im Mittel 4000 F. hoch, mit mehreren grossen Seebecken im Norden und der Wüste Kalahari im Süden, noch grossentheils unerforscht.

4. Der amerikanische Continent, besonders aber Nord-Amerika, ist durch seine grossen Massenerhebungen ausgezeichnet. Hier finden wir im Westen von Nord-Amerika: *a)* Das zusammenhängende, 500 Meilen lange, 150 Meilen breite, im Osten von den Rocky Mountains und im Westen von der Sierra Nevada und dem Kaskaden-Gebirge eingeschlossene Tafelland von Columbia und Utah, zum Theil bergig, zum Theil eben, sandig und salzig, von grossen Flussthälern und im Süden von wunderbaren Erosionsschlünden (Cañons) durchschnitten. Die Mittelhöhe beträgt im englischen Antheile oder in Columbia 2500, in Utah 4000 F. *b)* Das Tafelland von Anahúac, südlich des vorigen und seine Fortsetzung bildend, 300 Meilen lang, 100 Meilen breit, 7000—8000 F. hoch, im Norden eben, im Süden von hohen Bergen bedeckt, gegen beide Meere steil abfallend; die Heimat des Aztekenvolkes. *c)* Das Tafelland von Nicaragua, nördlich und östlich des gleichnamigen See's, bei 80 Meilen lang und 50 Meilen breit, eine rauhe, schwer zugängliche Gebirgsmasse von mässiger Höhe. *d)* Das bolivianische Tafelland, vom Vulkan Llullayacu bis Cuzco bei 200 Meilen lang, im Parallel von Potosi 60 und in jenem von Cuzco 30 Meilen breit, 13.600 Q.-Meilen gross und im Mittel 12.000 F. hoch. Hier liegt, 10.050 F. über dem Meere, der 250 Q.-Meilen umfassende Titicaca-See.

Die orographische Configuration und verticale Gliederung Neu-Hollands ist zur Zeit noch nicht so weit bekannt, als dass hier Tafelländer von bestimmter Höhe und Begrenzung namhaft gemacht werden könnten.

17. **Plateaux im engeren Sinne.** Unter den Plateaux im engeren Sinne werden in Europa die nachfolgenden als die wichtigsten zu nennen sein:

Die Plateaux von Chinchilla, Requena, Cuença, Molina und das galizische Plateau in Spanien;

das Plateau von Gevaudan, Vivarais, Vélais, der Auvergne, der Mille Vaches, von Gatine und von Langres in Frankreich;

das der Ardennen in Frankreich, Belgien und Luxemburg;

die Eifel, der Hunsrück, das Plateau von Kaiserslautern, des

südlichen Schwarzwaldes, des Taunus, Westerwaldes und Sauerlandes, der rauhen Alp, des fränkischen Jura, des Fichtelgebirges, des krainerischen, istrischen und kroatischen Karstlandes u. a. m. in Mittel-Europa;

die Dovre Fjelden und Hardanger Vidden in Skandinavien;

das arkadische Plateau in Griechenland u. s. f.

Nebenher kann hier noch bemerkt werden, dass man die horizontalen ebenen Ausbreitungen der Landschwellen des Tieflandes ebenfalls als Plateaux oder Platten bezeichnet, weshalb man denn auch von einer mecklenburgischen, pommer'schen, preussischen und finnischen Seenplatte und von einem südrussischen Steppenplateau etc. spricht. In allen Fällen aber wird die Ansicht festzuhalten sein, dass man unter Plateau oder Platte die oberste ebene Fläche einer erhöhten Bodenform zu verstehen habe.

18. **Terrassen, Terrassenland.** Wenn also Plateau und Tafelland Terraintypen sind, die sich in dem Begriffe Hochebene vereinigen, so ist dies auch bei der Terrasse und dem Terrassenlande der Fall. Beide erheben sich auf der einen Seite zu noch höherem Lande, während sie auf der anderen Seite zu einer niedrigeren Terrasse oder zum Tieflande herabsinken. Die Terrasse oder Bergstufe vermittelt demnach den Uebergang der höchsten Theile eines Berges oder Gebirges zur Tiefebene und ist in den meisten Fällen (d. h. nicht in allen) gegen diese letztere abgedacht. Wo dies nicht stattfindet, da bildet gewöhnlich eine Bergkette den äusseren Rand der Terrasse, die dann als eine Mulde auftritt, in welcher die Hauptrichtung des Flusslaufes mit dem Rande der Terrasse bis zu dem Punkte parallel läuft, an welchem der Fluss den erwähnten Bergrand durchbricht, um auf die tiefere Terrasse oder in die Tiefebene herauszutreten.

Der folgende Holzschnitt (Fig. 3) verbildlicht in einfachster Weise die Verhältnisse von Plateau und Terrassen gegen einander. *aa'* und *gg'* Tiefebenen, *dd'* das Plateau, *bb'*, *cc'* und *ff'* Terrassen, die gegen die Tiefebenen abgedacht sind, *ee'* muldenförmige Terrasse und *h* Flusslauf innerhalb derselben, parallel mit *e'*.

Ist eine Terrasse an Grösse unbedeutend, so wird sie eben sein müssen, wenn sie ihrem Namen gerecht bleiben will; bei Terrassen- oder Stufenländern hingegen wird, wie beim Tafellande, die Forderung, dass sie eben sei, vernachlässigt werden dürfen, wenn nur die Unebenheiten in ihrem Maasse gegen die horizontale Ausdehnung



Fig. 3.

Profil eines Plateau's mit zwei Terrassen auf jeder Seite.

der Terrasse als verschwindend klein oder als geringfügig anzusehen sind. So wird es denn auch Stufenländer geben, welche von Gebirgen bedeckt und von Thälern durchzogen und daher nichts weniger als Hochebenen in der strengeren Bedeutung des Wortes sind. Immer aber wird, nach der Reduction aller Unebenheiten auf ein mittleres Maass, die in Fig. 3 bildlich dargestellte Grundform ersichtlich sein müssen. Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 4) zeigt diese Reduction bei einem gebirgigen Terrassenlande.

aa' Plateau, *dd'* Tiefebene, *E F* gebirgige Terrassen, *bb'* und *cc'* Niveaux, auf welche ihre Oberflächen reducirt sind.

Kleinere Terrassen kommen an den Abhängen der Berge allenthalben vor, aber auch ausgedehnte Terrassen und Terrassenländer sind häufig anzutreffen, da sie in der Regel jene Bodenform sind, durch welche jedes höhere Gebirge seinen Abfall zum Tieflande vermittelt.

19. Terrassenländer der Erde. Zu den Vorkommnissen dieser Art gehören in Europa: Die alt- und neucastilische Hochebene und die Terrassen von Avila, Soria, Sigüenza, Jaen, Guadix, Baza, Huescar, von Valencia und Alemtejo in der pyrenäischen Halbinsel; der nördliche Abfall der Pyrenäen bei Pau, Tarbes und Carcassonne, die Causses westlich der Cevennen, die Landschaften Limousin, Bourbonnais und Nivernais, die Terrasse von



Fig. 4.

Reduction gebirgiger Terrassen auf die Grundform.

Morvan und andere in Frankreich; die schwäbische, fränkische, thüringische, oberpfälzische Hochebene; die böhmische, mährische, lausitzisch-schlesische und galizische Terrasse; die schweizerische Hochebene; das württembergisch-bayerische Hügelland, die bayerische Hochebene, das österreichische und das steierische Hügelland; die Hochflächen von Sümeg und der Somegy u. a. in Mittel-Europa; die grosse skandinavische Seenterrasse in Schweden u. s. f. — In Asien kommen solche Terrassen und Stufenländer in grosser Ausdehnung vor, wie z. B. nördlich des centralen Tafellandes das muldenförmige, 20.000 Q.-Meilen umfassende, 4000 bis 5000 hohe Terrassenland von Ostturkestan, so wie die noch weit ausgedehntere, 4000—6000 F. hohe Mongolei, ferner die grossen Stufenländer im südlichen Sibirien (Altai), im westlichen China, in Hinterindien (Laos und Burma) u. a. m. — In Afrika treten Terrassen auf der Nordseite des Atlas, in Habessinien, Sennaar, Nubien, Senegambien, Ober-Guinea und besonders deutlich im Caplande auf; nicht minder kann das Land Sudan, vom Fusse des Tafellandes der Mandingo bis zu den Gebirgen von Habesch, als eine grosse Terrasse der Gebirge und Tafelländer, die dasselbe von allen Seiten umgeben, angesehen werden. — In Nord-Amerika breitet sich östlich der Rocky-Mountains, 500 Meilen lang und 100 Meilen breit, die Prairienterrasse aus, und andere kleinere Terrassen liegen zu beiden Seiten der Alleghanies. — In Süd-Amerika endlich kommen solche Terrassen häufig, sowol im Inneren der Anden als auch an ihrem Ostabfalle, bei Quito, Riobamba, Caxamarca, Chuquisaca, Mendoza und besonders schön ausgebildet in Patagonien vor, wo man, vom Meere bis zur obersten Hochfläche, nicht weniger als 8 durch steile Abstürze bezeichnete Stufen wahrnimmt.

20. **Ränder der Plateaux und Terrassen, Randgebirge.** Die Art und Weise, mit welcher die Plateaux in die Terrassen oder diese in einander und zum Tieflande übergehen, ist eben so verschieden, als die verticalen Abstände der bezüglichen Flächen. In einzelnen Fällen und in beschränkter Ausdehnung fällt das höhere Massiv mit steilem Talus, und zuweilen sogar wandartig, zum tieferen Niveau herab; in vielen Fällen geschieht dieser Uebergang vermittelst eines dem Abfall entlang hinstreichenden Randgebirges, das dann entweder steil und gleichsam in einer ungebrochenen Flucht abfällt, oder mit langen Nebenketten und allmälig das höhere mit dem tieferen Niveau verbindet. Das Randgebirge steht dann in beiden Fällen mit dem einen Fusse auf

der oberen, mit dem anderen auf der unteren Fläche. Von der ersteren Art ist der Abfall der nordtirolischen Kalkalpen zur bayerischen Hochebene, so wie der südlichen Alpen zur lombardischen Tiefebene, des Riesengebirges zur Lausitzer-, des Erzgebirges zur böhmischen und der Centralkarpathen und Beskiden zur galizischen Terrasse; zur zweiterwähnten Art gehört z. B. der Uebergang der österreichischen Kalkalpen zum österreichischen Hügellande oder des erzgebirgischen Plateau's in die Terrassen des Voigtlandes, sowie in jene bei Chemnitz und Freiberg. — In noch anderen Fällen fehlt es an einem solchen Randgebirge, und die höhere Fläche löst sich bei ihrem Abstieg zur nächst niedrigeren entweder in eine Zahl abfallender paralleler Bergreihen und Thäler auf, oder sie geht, ohne wesentliche Aenderung ihres plastischen Charakters, nach und nach in die tiefere Stufe über. Die erstere Uebergangsform finden wir auf der westlichen Seite der Cevennen, wo sie sich zu den sogenannten Causses von Séverac, Florac, Rhodez und Alby absenken, und eben so auch in der böhmisch-mährischen Terrasse bei Iglau, Datschitz, Deutsch-Brod und Neuhaus; die zweite Form aber ist in den Uebergängen der spanischen Centralplateaux zu den castilischen Terrassen, des Ardennen-Plateau's zum Tieflande, des Kodscha Balkan zum nördlichen Tieflande, der Prairienterrasse zum Tieflande des Mississippi ausgedrückt.

21. **Geognosie der Terrassen und Terrassenländer.** Der Boden solcher Bergstufen oder Stufenländer ist wie das Gebirge selbst aus den verschiedensten geognostischen Elementen zusammengesetzt. Vieles hängt dabei von der plastischen Configuration dieser Bodenform ab. Bei grosser räumlicher Ausdehnung und Ebenheit sind sie nicht selten sandig, wie die sogenannten Llanos estacados und die grosse amerikanische Wüste auf der Prairien-Terrasse zwischen dem Platte River und dem Rio grande, oder wie die Stufenländer von Ostturkestan und der Mongolei und viele a. m. Oft sind solche Flächen felsig und thonig und dann, bei nicht zureichender Bewässerung, mehr oder minder unfruchtbar. Der stärkeren Gefälle wegen, die den raschen Abfluss des meteorischen und des aus Quellen herrührenden Wassers bedingen, sind fast alle Terrassenländer, die darin vorkommenden Flussthäler abgerechnet, durch Wassermangel charakterisirt, was nur dort eine Ausnahme findet, wo die Nähe bedeutender Gebirge die atmosphärischen Niederschläge vermehrt. Die alluvialen Gebilde sind hier nicht häufig und die Entstehung lockeren, die Vegetation

begünstigenden Erdreichs nur auf die Producte der Verwitterung an Ort und Stelle angewiesen, wobei überdies die höhere Lage solcher Terrassen den schädlichen Einwirkungen der Winderosion freieren Spielraum gestattet. Dennoch gibt es unter günstigen Umständen auch sehr fruchtbare Terrassen, besonders dort, wo der Fleiss der Menschen die mindere Gunst physischer Verhältnisse im rechten Maasse zu ersetzen weiss.



Fig. 5.

22. **Begriff des Berges.** Schon Ritter hat in seiner Einleitung zur vergleichenden Erdkunde auf die Unbestimmtheit dessen hingewiesen, was man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch unter dem Worte Berg versteht. Diese Unbestimmtheit hat ihre Ursache darin, dass man irgend eine Bodenerhebung bald im Sinne ihrer absoluten, bald in dem ihrer relativen Höhe auffasst. Um dies zu erklären, denken wir uns den Beschauer auf einem Schiffe, das sich der Küste nähert. Eine mehrere Meilen breite Landmasse (Fig. 5) erhebt sich vor seinen Blicken; sie ist bei *C* und *D* von Tief-Ebenen eingeschlossen, wodurch sie sich, von der Entfernung begünstigt, in voller Uebersichtlichkeit darstellt. Er wird eine Erhebung dieser Art vielleicht einen Berg nennen. Nicht ferne davon steigt etwa aus dem Meere oder aus dem Tieflande eine isolirte, kegelförmige Terrainform *E* auf, von der er ebenfalls sagen wird, sie sei ein Berg. Der Beschauer betritt nun die Küste, ersteigt die vorgenannte breite Landmasse und findet sich hier auf einer weitgedehnten Hochebene, aus deren glatter Oberfläche eine ansehnliche, aber ebenfalls isolirte Erdmasse *F* aufspringt; er wird nun auch diese Erdmasse, im Gegensatze zur Hochfläche *AB*, als Berg bezeichnen, und dabei wenig daran denken, dass er früher dieselbe Hochfläche *AB*, vom Meere aus gesehen, einen Berg genannt hat.

Eben so wird, dem Sprachgebrauche gemäss, eine Erdprominenz, etwa von der Höhe eines Kirchthurms, ein Berg geheissen, so gut wie der Pic von Teneriffa oder der Montblanc. Die Jüten nennen einen 530 F. hohen Hügel bei Horsens den Himminbjerg, Himmelsberg, die Dänen ihre 200—400 F. hohen Erd-

haufen ebenfalls Berge; die Berliner sprechen von ihrem Kreuzberge, der nicht volle 200 F. hoch, die Ebene nebenan nur um 80 F. überragt, und die Königsberger in Ostpreussen rühmen sich gar des Besitzes einer preussischen Schweiz in einer der Nehrungen — während die 2000 bis 2500 F. hohen Gipfel des breiten Erdwalles zwischen Mur und Drau bei Marburg nur die Windischen Büheln heissen und ein 7000 F. hoher Vorberg bei Pregratten in Tirol den Namen Finsterwitz-Bühel führt. Der Mensch ist eben, wie Protagoras sagt, das Maass der Dinge. Nicht minder wird eine einzelne, nadelartig zugespitzte Hervorragung eben so gut ein Berg genannt, als z. B. der über eine geogr. Meile lange und mit mehreren Gipfeln gekrönte Rücken des Untersberges bei Salzburg.

Da nun alle eben erwähnten Reliefformen, im Interesse geographischer Unterscheidung, unmöglich unter dem Begriffe Berg zu vereinigen sind, so wird es nöthig sein, den Inhalt dieses Begriffes auf ein auch für die Wissenschaft brauchbares Maass zu beschränken. Ohne Zweifel wird hierbei die absolute Höhe das entscheidende Moment nicht sein, wol aber werden die horizontalen Abmessungen begrenzt werden müssen, da wir nach Obigem ein breites Plateau eben so wenig als einen langen Gebirgsrücken einen Berg werden nennen dürfen.

Unter einem Hügel oder Berg verstehen wir demnach eine wenig ausgedehnte, schwach oder gar nicht gegliederte Reliefform, die sich entweder durch isolirte Stellung oder durch mehr oder minder tief einschneidende Kammsättel sammt den beiderseitigen Kammhängen als eine physisch individualisirte Bodenmasse darstellt. Beträgt die relative Höhe derselben gegen das angrenzende Thal oder Flachland weniger als 600 F., so wird sie ein Hügel, bei grösserer Höhe ein Berg zu nennen sein.

Es werden demnach nicht bloss frei aus ebenem Lande aufsteigende Hervorragungen, sondern auch Theile hoher Kämme oder Gebirgszüge als Berge bezeichnet werden dürfen. Aus diesem Grunde wird man sagen können: der Gaurisankar sei der höchste Berg im Himalaya, der Montblanc der höchste Berg in den Alpen; deshalb wird auch auf den Schneeberg, den Oetscher, den Dachstein, den Rigi und auf unzählige andere ähnliche Theile des Gebirges der Name Berg anzuwenden sein.

23. **Hügelkette, Gebirgskette.** Eine Reihe zusammenhängender Hügel oder Berge wird eine Hügelkette, eine Gebirgskette, ein Gebirgskamm genannt.

24. **Hügelgruppe, Berggruppe; Hügelland, Bergland.** Mehrere nahe nebeneinander stehende, gar nicht oder nur undeutlich verbundene Hügel oder Berge bilden eine Hügelgruppe oder Berggruppe. Jener grössere Theil der Erdoberfläche hingegen, welcher in ununterbrochener Folge von Hügeln oder Bergen, Hügelketten oder Gebirgsketten bedeckt ist, wird als ein Hügelland oder Bergland, Gebirgsland bezeichnet. Die Vorstellung eines näheren organischen Zusammenhanges dieser Theile unter einander ist mit diesen Begriffen nicht nothwendig verbunden. Es werden demnach die Worte Hügelland und Bergland auch überall dort anzuwenden sein, wo schlechtweg ein mit Hügeln oder Bergen bedeckter Bodenabschnitt, ohne Beziehung auf den orographischen Zusammenhang derselben, ausgedrückt werden will.

Da die Begriffe Hügel und Berg von der absoluten Höhe nicht abhängig sind, so kann auch ein hohes Tafel- oder Terrassenland ebenso gut ein Hügel- wie ein Bergland sein. Dass ein Tiefland in der Form eines Flachlandes auftreten kann, ist bereits erwähnt worden; hie und da mag es aber auch, ohne Beeinträchtigung seines typischen Charakters, als Hügelland ausgebildet sein. So sind z. B. das Pariser- und das Garonne-Becken grösstentheils, dann das englische und das irische Tiefland, die castilischen Terrassen, die Schweizer und die württembergisch-bayrische Hoch-Ebene, die schwäbische, fränkische, thüringische, böhmische, mährische Terrasse u. a. m. eigentlich Hügelländer; das Plateau der Eifel, des Sauerlandes, Westerwaldes und Taunus sind Bergländer, und dasselbe ist in noch weit höherem Grade mit dem himalaya-tibetanischen, dem vorderasiatischen, dem bolivianischen Tafellande u. a. m. der Fall. — Ebenso können, nach dem Sinne der früher gegebenen Definition, die Erdabschnitte zwischen Loire und Allier, zwischen Neckar und Main, zwischen Werra und Fulda, mit ihren zwar dicht geschlossenen, aber oft regellos neben einander gestellten und schwach verbundenen Bergen des Vélais, des Odenwaldes und der Rhön, wie nicht minder die Schweiz, Tirol oder Kärnthen, mit ihren zu wolgegliederten Systemen geordneten Gebirgskämmen, als Gebirgsländer qualificirt werden

25. **Plastischer Charakter des Berglandes.** Wie oben bereits angedeutet worden, besteht der plastische Charakter des Berglandes darin, dass sich die Höhenverhältnisse nahe bei einander gelegener Punkte nach allen Richtungen rasch und in

bedeutendem Maasse ändern. In dem Reliefbilde des Berglandes ist demnach alles Unruhe. Hoch und Tief, Berg und Thal folgen sich in raschem Wechsel, scheinbar regellos, nur durch das Eingreifen des fliessenden Gewässers in bestimmte Abflussgebiete getheilt und dadurch in einige Ordnung gebracht. Bei den in ihren Graden ausserordentlich veränderlichen Fallwinkeln der Berghänge, und bei den grossen Unterschieden der absoluten und relativen Höhen, liegen hier auch die Gegensätze zwischen fruchtbarem und unfruchtbarem Lande nahe neben einander. Die mit reichen Alluvionen bedeckten Thalgründe und sanfteren Thalhänge gestatten nicht selten den lohnendsten Anbau des Bodens, während die steileren Gebirgs-Abfälle oft nur aus kahlem Fels bestehen, und die Höhen hie und da gar unter der Hülle ewigen Eises liegen. Höhere Berge setzen ferner den grossen Strömen der tellurischen Lufteirculation sehr wesentliche Hindernisse entgegen, indem sie dieselben auffangen, ablenken, abkühlen und ihren Dampfgehalt verdichten. Hierdurch, wie auch durch die Nachbarschaft von Berg und Thal mit ihren verschieden erwärmten Luftmassen und den daraus hervorgehenden localen Bewegungen der Atmosphäre, werden die Bergländer zu Regionen des reichsten atmosphärischen Niederschlags, zu mehr oder minder wichtigen „Wettersäulen", die auf das Klima und die Bewässerung der angrenzenden Niederungen den bedeutendsten Einfluss üben; sie sind deshalb in der Regel wasserreich und die Geburtsstätten aller grossen Ströme. In unzähligen kleinen und grösseren Wasserrinnen sammeln sie den Ertrag der Quellen sowie das abrieselnde Regen- und Schmelzwasser und senden es in die Ebene hinaus, wo es sich in einem gemeinsamen Bette vereinigt und jene gewaltigen Stromläufe bildet, die für die Entwickelung der Völker, für ihre Geschichte und Cultur von so grosser Bedeutung sind.

26. **Hochland.** Wie schon der Name anzeigt, ist der Begriff Hochland zunächst von dem Begriffe der Höhe abhängig, und wenn wir bei der Definition dieser Reliefform den Aussprüchen der ersten Meister geographischer Wissenschaft folgen, so werden wir sagen müssen, dass man unter Hochland ein Land versteht, dessen allgemeine (mittlere) Höhe eine bedeutende ist, gleichviel ob seine Oberfläche bergig, hügelig oder eben ist. Hieraus werden wir zur Schlussfolgerung berechtigt, dass jenes Bergland, welches zugleich als Hochland angesehen werden soll, eine compacte, ausgedehnte, weder von tiefen Thalspalten noch von tiefen Thalebenen durchbrochene Gesammterhebung darstellen müsse. — Eine Höhengrenze,

bei welcher das Hochland seinen Anfang nimmt, kann nicht angegeben werden, doch muss sie jenseits des noch für das Tiefland giltigen Niveau's liegen.

Der Sprachgebrauch hat in diesem Sinne bereits richtig entschieden; so spricht man von einem schottischen Hochlande, das wol in keinem Theile eine ebene Hochfläche von einiger Bedeutung aufweist. So kann man auch mit vollem Rechte grosse Theile der Schweiz, von Tirol, Salzburg, Kärnthen u. s. f., wo sich das Gebirge gleichwol nirgends zu einem auch nur mässig grossen Plateau verdichtet hat, als wahre Hochländer bezeichnen. Derselbe Ausdruck wird ferner selbstverständlich auch auf alle ebenen oder flachen Plateaux, Tafelländer, Terrassen und Terrassenländer angewendet werden können.

Hie und da hat sich über die Bedeutung des Wortes Hochland eine irrige Ansicht ausgebildet, was namentlich aus der Terminologie des k. k. milit. geographischen Institutes, insoferne auf dieselbe aus dem Titel eines Vorlegblattes für Situationszeichnung geschlossen werden kann, hervorzugehen scheint. In diesem Zeichenmuster ist nämlich das Hochland einseitig als eine leichthügelige Hochfläche aufgefasst. Diese Ansicht ist unrichtig und auch unnöthig, weil für eine solche Terrainform der weit bezeichnendere Name Plateau oder Tafelland besteht. Wenn wir nun über diesen Punkt die maassgebenden Autoren zu Rathe ziehen, so werden wir folgende Aussprüche zu registriren haben; so sagt Carl Ritter: „Die zusammenhängenden, massigen, von keinen Stromthälern ganz durchbrochenen oder durchschnittenen, gemeinsamen, nach allen Directionen hin weit verbreiteten Gesammterhebungen der Erde über das benachbarte Tiefland oder den Meeresspiegel nennen wir Gebirgsganze, Hochländer der Erde" *). Wenn auch diese Erklärung nur für die grossartigsten Verhältnisse berechnet ist, so kann daraus dennoch erkannt werden, dass die Ebenheit kein Erforderniss für das Hochland bildet. Hören wir, wie Naumann diesen Begriff erklärt: „Unter Hochländern versteht man weit ausgedehnte Landstriche, welche in ihrer Gesammtausdehnung eine bedeutendere mittlere Höhe haben" **). Auf derselben Seite sagt Naumann: „Die Hochländer erreichen zum Theil sehr bedeutende horizontale Dimensionen, wie z. B. in Europa das 125 Meilen lange Hochland

*) Einleitung zur „Vergleichenden Erdbeschreibung". Berlin 1852, pag. 83.
**) Lehrbuch der Geognosie, von Dr. C. F. Naumann. I. 308.

der Alpen". Ebenso spricht Roon: „Das Hochland stellt sich entweder als thal- und wasserreiches Hochgebirge oder als eine steinige dürre Hochsteppe dar" *) und nennt später Guyana, die Berberei und Siebenbürgen Hochländer **). In ähnlicher Weise äussert sich Klöden, welcher Siebenbürgen und das Bergland von Quito zu den Hochländern zählt ***). Es wäre leicht, noch eine Zahl gleich oder ähnlich lautender Ansichten anderer verdienstvoller Geographen hier anzuführen; ja es dürfte kaum irgendwo das Hochland in der oben angegebenen Beschränkung definirt worden sein.

27. **Begriff des Gebirges.** Die Vieldeutigkeit des Wortes Berg nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche wiederholt sich in dem Worte Gebirg. Gewöhnlich ist es mit dem Inhalte dieses Begriffes so bestellt wie mit dem einer Zahl. Berg ist die Einheit und Gebirg die Vielheit nahe neben einander stehender Berge. Dem Geographen C. Ritter gebührt das Verdienst, diesen Begriff zuerst wissenschaftlich fixirt zu haben †), und ihm folgen wir hauptsächlich, wenn wir sagen: das Gebirge ist eine gegliederte Erhebungsmasse von ansehnlichem Umfange und bedeutender Höhe, bei der man eine wasserscheidende Höhenlinie unterscheiden kann und deren Theile nach ihren äusseren und inneren Merkmalen (plastischer Zusammenhang und geognostische Zusammensetzung) unter sich wol verbunden sind. — Ueber die ad minimum geforderte horizontale Ausbreitung und relative Höhe eines Gebirges lassen sich keine bestimmten Maasse aufstellen; etwa 2—3 Meilen Länge und 700—1000 F. relative Höhe werden wol als die kleinsten Abmessungen anzusehen sein.

Wenn wir diese Definition des Gebirges etwas näher in's Auge fassen, so werden wir erkennen: 1. dass das Gebirge aus einem Complex deutlich erkennbarer Theile, d. h. aus Bergen bestehen müsse, da eine ungegliederte Masse, und sei sie auch noch so gross, immer nur unter den Begriff Berg gehört; 2. dass auch die horizontale Ausdehnung eines Gebirges nicht allzu gering sein dürfe, weil sonst die Gliederung von selbst wegfällt; 3. dass das Gebirge als Träger einer wasserscheidenden Höhenlinie erscheinen müsse, damit nicht etwa schon einer der Abhänge eines grösseren Erhebungskörpers als Gebirge angesehen werde; 4. dass der

*) Grundzüge der Erd-, Völker- und Staatenkunde, von Alb. v. Roon. I. 168.

**) Ibidem II. 421.

***) Handbuch der physischen Geographie, von Gust. v. Klöden, pag. 94.

†) Einleitung in die allgemeine vergleichende Erdkunde 74, und Europa 98.

plastische Zusammenhang seiner Glieder erforderlich sei, und dass diese Glieder unter sich deutlicher verbunden seien als mit den Gliedern anderer benachbarter Gebirge, wodurch allein das Gebirge den Charakter einer concreten, mit physischer Deutlichkeit individualisirten Reliefform gewinnt, und 5. dass auch der innere Bau des Gebirges ein solcher sein müsse, der auf einen für alle Theile mehr oder minder gemeinsamen Ursprung hinweist.

Hier also tritt, wie wir sehen, zum ersten Male ein neues Element in den Bereich der Orographie ein, die Geognosie nämlich, und sie thut dies mit Recht, weil nicht bloss in den meisten Fällen von dem inneren Bau des Gebirges seine äussere Form abhängig ist, und es einer logischen naturhistorischen Eintheilung widerstrebt, Dinge, die nach Wesen und Ursprung ungleichartig sind, unter einen Begriff zusammenzufassen, sondern weil noch viele andere Verhältnisse des Gebirges nur in der Geognosie desselben ihre Erklärung finden. Gebirge bilden demnach die erste Reliefform der Erdoberfläche, die wir als ein organisirtes Ganzes zu betrachten haben.

Die Gebirge erheben sich entweder einzeln aus einem Tieflande, einem Tafel- oder Terrassenlande, wie z. B. die Sierra Nevada de Sta. Martha in Süd-Amerika, der Harz in Deutschland oder die Lysa Gora in Polen, oder sie erscheinen als Theile eines ausgedehnteren Gebirgslandes. In letzterem Falle sind sie von den benachbarten Gebirgen entweder durch tiefe und breite Thäler oder Thalebenen oder durch Kammlücken geschieden, welche in das Erhebungsmassiv energisch genug einschneiden und deren trennendes Moment durch geognostische Zuthat nicht selten wesentlich gesteigert ist. So nennen wir z. B. die Salzburger Alpen ein besonderes Gebirge, weil es nicht allein durch den tiefen Einschnitt bei Zell, Saalfelden und Lofer von den Kitzbühler und nordtirolischen Kalkalpen und durch den Salzadurchbruch zwischen Sanct Johann und Golling von den österreichischen Kalkalpen getrennt ist, sondern weil auch der kreisförmige Schwung seines Hauptkammes ein anderes dynamisches Bildungsprincip anzeigt, als bei den drei angrenzenden Gebirgen. Aus ähnlichem Grunde betrachten wir die Berner Alpen einerseits und die Urner Alpen andererseits und ebenso das Erzgebirge, das Fichtelgebirge und den Böhmerwald als verschiedene Gebirge.

28. Auf Tafel- und Stufenländern treten Gebirge nicht selten als **Randgebirge** auf und bilden dann den Uebergang des

höheren Hochlandes in ein tieferes oder zum Tieflande. So sind z. B. das Roggeveld-, das Nieuweveld- und das Wintergebirge im Caplande die südlichen Randgebirge des südafrikanischen Tafellandes, mit denen dasselbe zur grossen Karruh-Ebene absteigt, während die Kette der Zwartenberge den Uebergang dieser Terrasse zur Küstenebene vermittelt.

29. **Gebirgssystem.** Mehrere eng verbundene oder nahe bei einander liegende Gebirge schliessen sich zu einem Ganzen höherer Ordnung zusammen, das wir mit dem Worte Gebirgssystem ausdrücken. Ein Gebirgssystem besteht demnach aus Gebirgen, die alle unter sich theils plastisch theils geologisch zusammengehören, wenn auch die Merkmale, durch welche sie verbunden sind, weniger deutlich in das Auge fallen, als dies bezüglich der zu einem und demselben Gebirge vereinigten Berge der Fall ist.

Jene Merkmale, durch welche sich die Coordination mehrerer Gebirge zu einem Gebirgssysteme ausspricht, sind, wie gesagt, theils plastischer Art, d. h. sie liegen in den räumlichen Beziehungen der Gebirge gegeneinander, theils sind sie geologischer Natur, was nichts Anderes sagen will, als dass alle diese Gebirge mit Rücksicht auf die Zeit oder die Art ihrer Entstehung einen näheren oder entfernteren Zusammenhang beurkunden.

So sind z. B. die Alpen ein Gebirgssystem, das bei einer Länge von 150 und einer mittleren Breite von 30 Meilen ohne Zweifel aus vielen einzelnen Gebirgen bestehen muss und thatsächlich besteht. Ein dicht geschlossenes Bergland bildend, d. h. nirgends von allzubreiten Thalflächen oder ausgedehnten Hoch- oder Tiefebenen unterbrochen, liegen die einzelnen Gebirge nahe neben einander und sind nur durch tiefe Kammkerben und Querthäler oder durch enge und relativ hohe Längenthäler unter sich verbunden und getrennt. Der wichtigste plastische Zusammenhang derselben aber hat sich dadurch geoffenbart, dass sie alle auf einem gemeinsamen Sockel aufgesetzt erscheinen, der durch die ganze Länge und Breite des Alpengürtels ausgespannt, eine riesige Tafelmasse darstellt, deren Mittelhöhe, bloss für die Ostalpen über 3000 *), die Mittel- und Westalpen eingeschlossen, sicher über 4000 F. beträgt. Alle Theilgebirge des Alpensystems sind demnach als prismatische, auf einer gemeinschaftlichen Unterlage aufgesetzte

*) Siehe „Ausland“ 1869 Nr. 1, 2, 3: „Ueber die plastischen und hypsometrischen Verhältnisse der Ostalpen“, von C. v. Sonklar.

Reliefformen anzusehen, die eben durch diese Unterlage weit inniger zu einer Gesammtheit verbunden sind, als es äusserlich durch die Umrisse jener Formen zu erkennen ist. Aber die Geognosie der Alpen beweist nicht minder die Zusammengehörigkeit aller ihrer Theile. Schon der erwähnte Sockel deutet durch seine Continuität auf eine die ganze Alpenarea umfassende Gesammterhebung, wodurch die an den Rändern des Alpenmassivs gelagerten jüngeren Gebilde emporgehoben und, am nördlichen wie am südlichen Rande, zu gleichmässigem und gleichsinnigem Fallen der Schichten (nach Aussen hin) genöthigt wurden.

Als Gebirgssysteme müssen ferner in Europa die Gebirge der pyrenäischen Halbinsel, der Apennin, die skandinavischen Gebirge, der Ural, die Karpathen, das hercynische und das sudetische System, der Schwarzwald, das rheinische System, die Cevennen, das illyrisch-griechische und das Balkansystem (periapenninisches und antidakisches System Klödens), das schottische Hochland, das penninische System in England und die Gebirge von Wales erkannt werden.

In Asien sind der Kaukasus, der Taurus, der Libanon, das kurdische Gebirge, der Himalaya, der Mustagh (Karakoram), der Bolortagh, der Thianschan, der Jünling u. a. — in Afrika der Atlas, das habessinische Gebirge, das Konggebirge u. a. m. — in Amerika die nord- und südamerikanischen Cordilleren, die Alleghanies, die Gebirgsländer von Guyana und Brasilien nebst anderen als Gebirgssysteme zu bezeichnen.

Aus diesen Beispielen geht wol klar hervor, dass die räumliche Ausdehnung der Gebirgssysteme zwischen sehr weiten Grenzen schwankt. Welcher Unterschied z. B. zwischen dem Gebirgssysteme von Wales oder dem des Schwarzwaldes einerseits und jenem der Anden in Süd-Amerika oder des Himalaya in Asien andererseits! jene 25 bis 30, diese Hunderte von Meilen lang; jene im Snowdon und Feldberg höchstens 3300—4600 F. hoch, diese im Lirima und Aconcagua, im Everest und Kantschindschinga die höchsten Gipfel der Erde tragend. Auf welche unendliche Fülle verschiedener Verhältnisse in Form, horizontaler und verticaler Gliederung, geologischem Bau, Klima, Producten, landschaftlichem Ausdruck, Bewässerung, Bewohnbarkeit und Ueberschreitbarkeit lassen diese wenigen Zahlen nicht schon schliessen! Dennoch weiss die Wissenschaft das Gemeinsame in so verschiedenen Erhebungsmassen herauszufinden und unter ein Gesetz zu stellen.

30. **Dimensionen der wichtigsten Gebirgssysteme.** Ich lasse hier ein Verzeichniss der Längen der wichtigsten Gebirgssysteme der Erde folgen:

	Länge in Meilen		Länge in Meilen
Südamerikanische Cordilleren	1095	Der Jünling in China	250
Nordamerikanische „	800	Das Alburs-System in Asien	240
Der Ural	525	Der Altai in Asien	228
„ Thianschan in Asien	488	Die Karpathen	220
„ Nanling in China	400	Der Peling in China	200
„ Himalaya in Asien	380	Das Vindhya-Gebirge in Indien	200
„ Küen Lün und Kulkun	350	Die Westghats	180
Das skandinavische System	320	Die Alpen	150
Die Ostghats in Indien	300	Der Apennin	140

Noch verdient hier etwas zur Sprache gebracht zu werden, was der oben gegebenen Definition der Gebirgssysteme zu widersprechen droht. So sagt einer unserer grössten Geographen und Geologen: „Die topographische Abgrenzung der einzelnen Gebirgssysteme, die Trennung z. B. zwischen den Alpen und dem Apennin oder den illyrisch-türkischen Gebirgen, des Schwarzwaldes vom Odenwald und Spessart ist keineswegs scharf und scheint der Willkür preisgegeben“ *). Aehnliches kann wol auch zwischen dem Himalaya, Bolortagh und Hindukoh, zwischen dem Alburs- und dem kurdischen Systeme, zwischen diesem und dem Taurus geltend gemacht werden. Aber setzt man nur die Grenze zwischen zwei solchen scheinbar verbundenen Systemen an die rechte Stelle, so wird sich alsbald zeigen, dass, mit dem veränderten Streichen eines Systemes gegen das andere, in allen Fällen auch eine veränderte Plastik oder eine Veränderung in dem inneren Bau des Gebirges, d. h. ein anderes Bildungsprincip erkennbar wird. Ein Beispiel mag dies erläutern. So liegt z. B. die eigentliche Grenze zwischen den Alpen und dem Apennin in der durch die Bocchetta bei Genua bezeichneten Querlinie, wenn dies in der geographischen Praxis auch anders gehalten wird. Das Gebirge westlich dieser Transversalen gehört offenbar noch den Seealpen an, besteht erst aus Granit, dann aus Gneiss und erhebt sich schon bei Garessio in dem Felskessel des Monte Gioje bis über 8000 F. absol. Höhe; östlich der Bocchetta aber ist der ligurische und toscanische Apennin durchweg aus den Gebilden der Eocänformation aufgebaut, die weit im Süden, bei völlig verändertem Streichen des Systems,

*) B. Studer: „Lehrbuch der physik. Geographie und Geologie“ II. 218.

selbst bis zur Höhe von 9200 F. (Gran Sasso) aufsteigt, während in dieser ganzen Erstreckung die krystallinischen Schiefer sowie die Centralmassen der Alpen überall fehlen, und die pliocänen Lager am Fusse des Gebirges die Entstehung des Apennin in eine spätere Zeit herabrücken.

31. **Gebirgsgruppen.** Was wir ferner unter Gebirgsgruppen verstehen, das ist nichts Anderes als die Ausscheidung einzelner Gebirge innerhalb eines grösseren Gebirgssystems unter besonderen Namen, auf Grund einer etwas deutlicher hervortretenden plastischen Absonderung, so wie auf Grund geognostischer Demarcationen, zur leichteren Uebersicht der horizontalen Anordnung des Systems und seiner Theile. In solche Gruppen sind der Apennin, das pyrenäische System, das französische und deutsche Mittelgebirge, die Alpen u. a. m. seit langer Zeit schon geschieden worden. Da hierbei immer der orographische Standpunkt maassgebend ist, so scheint mir, dass in Collisionsfällen, d. h. dort, wo die geologischen Grenzen mit den plastischen Absonderungslinien nicht gut zusammenfallen, die geognostischen Belange in die zweite Linie der Beachtung gehören. Diesen Ansichten gemäss hat man die Alpen in die West-, Mittel- und Ostalpen, in Central-, Nord- und Südalpen, und jeden dieser Abschnitte weiter in kleinere Gebirgsgruppen eingetheilt.

Im gewöhnlichen Sprachgebrauche begegnet man häufig einer Verwechslung von Gebirg und Gebirgssystem. So werden z. B. die Karpathen, die Alpen, die Pyrenäen, meistens nur als Gebirge bezeichnet. Im Allgemeinen hat diese Verwechslung wenig zu bedeuten, zumal der Begriff eines Gebirgssystems, d. i. eines plastisch und geognostisch zusammengehörigen Erhebungscomplexes, auch in dem Begriffe Gebirg enthalten ist. Die Wissenschaft unterscheidet jedoch schärfer und deshalb sollte in geographischen Werken nicht unbedingt eines dieser Worte für das andere verwendet werden.

32. Und hiermit hätten wir denn alle Hauptformen der festen Erdoberfläche der Reihe nach aufgezählt und nach ihren wesentlichen Attributen zu charakterisiren versucht. Aus Tiefebenen und Tiefländern, Plateaux und Tafelländern, Terrassen und Terrassenländern, Hügeln, Bergen und Bergländern setzen sich, unter gehöriger Auswahl, die kleinsten Inseln wie die grössten Continente zusammen, zuerst im Allgemeinen geformt durch die hebenden Kräfte des Erdinnern, dann umgeformt und modellirt durch die mit den mannigfaltigsten Rüstzeugen der Zerstörung unermüdlich arbeitende Erosion.

C. Von den Detailformen des Bodenreliefs.

33. **Ufer, Küste.** Die Linie, längs welcher sich Land und Wasser gegenseitig begrenzen, wird das Ufer, beim Meere die Küste genannt. — In der Küste erreicht die Oberfläche des Erdfesten den Nullpunkt der Höhe, und von ihr angefangen, setzt sich die Erdoberfläche einerseits in ihrer starren Form als Land und anderseits in ihrer flüssigen Form als Wasser oder Meer fort. Die Küste ist demnach die „Lösung der Gegensätze des starren und des flüssigen Elementes" und ihre Gestaltung in horizontalem wie im verticalen Sinne das Resultat der zerstörenden oder bildenden Thätigkeit beider.

Unablässig drängt nämlich das Meer gegen die seine Herrschaft begrenzenden und einengenden Küsten, sein Salzgehalt wirkt auflösend auf die Gesteine die es bespült, zur Zeit der Fluth wirft es sich mit Macht auf das Gestade, mit der Ebbe und mit seinen Strömungen spült es die aus dem Zusammenhang gebrachten Stoffe von der Küste weg und schafft sich dadurch neue Angriffsflächen, in Stürmen endlich stürzt es seine Wogen erschütternd und zermalmend auf das Land, das dann nur in dem passiven Widerstande seiner Cohäsion ein Mittel der Abwehr findet. Dennoch sieht das Land nicht so ganz unthätig den Angriffen seines uralten Gegners zu. Mit seinen fliessenden Wassern führt es fort und fort ungeheuere Massen fester Stoffe in das Meer, die sich zumeist vor der Küste absetzen, erst breite Barren, dann Sandbänke bauen und sich allmälig in Strand- und Deltabildungen und zuletzt in festes Land verwandeln. Auch der vom Lande kommende Wind wirft, besonders wenn seine Richtung eine stetige ist, den Sand der Wüsten und alle übrigen verkleinerten Producte der Verwitterung in das Meer hinaus, füllt hier entlang der Küsten den Grund auf, und bringt ähnliche Gebilde wie die früher erwähnten zu Stande. So kämpft das Land dem Meere die verlornen Gebiete wieder ab.

34. **Klippen, Riffe.** Die ersten festen Formen, denen wir hie und da bei der Annäherung an das Land begegnen, sind kleine kahle Felsinseln, die oft nur wenige Fuss aus dem Wasser emporragen und die, wenn sie vereinzelt oder in unregelmässigen Gruppen auftreten, Klippen oder Schären, wenn sie in Reihen geordnet sind, Riffe heissen.

Die Küsten sind entweder flach und eben oder hoch und steil — Flachküsten, Steilküsten.

35. **Flachküsten.** Bei Flachküsten verschneidet sich die Oberfläche des Erdfesten mit dem Wasserspiegel unter sehr kleinen Winkeln, wodurch es kommt, dass manche Küsten für grössere Schiffe unnahbar sind. Von dieser Art ist z. B. die Westküste von Jütland, die aus diesem Grunde die Eiserne Küste heisst. Aus demselben Grunde kommen dann auch am Küstensaume oft weite Strecken vor, die zur Fluthzeit vom Wasser bedeckt, zur Ebbezeit aber von ihm unbedeckt sind; solche Strecken werden Strand genannt. Sind sie dabei, wie in der Nord- und Ostsee, an Orten mit geringer Fluthhöhe, von einem feinen thonigen oder sandigen Schlich überlagert, so heissen sie Watten.

36. **Dünenbildung.** Diese Strandflächen bieten das Material zur Dünenbildung, die demnach nur an Flachküsten vorkommen kann. Die Wellenbewegung des Meeres rührt den Sand des Strandes auf, der dann von den Wellen auf das Land geworfen wird. Ist die Küste flach, so rollt die Woge mit abnehmender Geschwindigkeit auf das Land hinaus, bis sie in Folge der Reibung mit dem Grunde endlich zum Stillstande gebracht wird. In diesem Augenblicke lässt sie alle grösseren Steinfragmente so wie einen Theil des mitgeführten Sandes auf den Boden fallen, während der grössere Theil dieses Sandes von dem Wasser der gebrochenen Woge wieder in das Meer zurückgetragen wird, um im nächsten Augenblicke von einer neuen Woge erfasst zu werden. Ist auf diese Weise der Anfang der Düne vorgezeichnet, so wird jede folgende, gleich grosse oder selbst noch etwas grössere Woge bei ihrer Brandung an derselben Stelle innehalten und an der Vergrösserung des entstehenden Sandwalles thätig sein. Alle kleineren, zwischen dieser neuen Düne und dem Meere gelegenen Dünenanfänge aber werden von den Wogen weggeschwemmt und theilweise zur Verstärkung des Hauptwalles verwendet werden. Zu allen Zeiten aber wird der Wind, komme er von der Seite des Meeres oder von der des Landes, zur Erhöhung der Düne beitragen. Aller schwerere Sand, der so leicht nicht in die Luft emporgehoben werden kann, wird sich auf der Erde fortbewegen, an dem Sandwalle versammelt und quer über seine Abdachung bis auf die Krone und die Leeseite des Walles fortgerollt werden. — Bildungen dieser Art nennt man, wenn sie vorherrschend aus grobem Sand oder aus kleineren Steinstücken bestehen, Uferwälle, wenn sie hauptsächlich aus feinem Sande zusammengesetzt sind, Dünen.

Es ist einleuchtend, dass solche Dünen an strandigen Küsten

überall vorkommen müssen, dass sie unter sich zusammenhängen und nur hie und da, etwa von Flussmündungen, durchbrochen sind. So sind z. B. das Bordelais in Süd-Frankreich, die Küsten von Holland, Nord-Deutschland, Jütland, der dänischen Inseln, Egypten, der südlichen Staaten Nord-Amerikas u. a. m. von continuirlichen Dünenwällen eingesäumt. Häufig liegen mehrere solcher Wälle hinter einander, und nicht selten kommen sie auch tief im Lande, d. h. einige Meilen von der Küste entlegen, vor. — Das zwischen dem Meere und der Düne oder zwischen den Dünen liegende, und wegen seiner tiefen Lage meist feuchte Land wird **Marschland** genannt und ist zur Wiesenkultur und Viehzucht vorzüglich verwendbar.

Die Höhe der Dünen ist sehr verschieden und hängt von den ihre Bildung begünstigenden Umständen (ausgedehnter Strand, hohe Fluthen und hoher Wellengang) ab. Als ihre mittlere Höhe wird 10—50 F. angegeben; doch erreichen sie bei Bordeaux stellenweise eine Höhe von 100—150, in Holland sogar von 185 F. und sind dabei oft eine halbe und selbst eine ganze Meile breit. Im Allgemeinen ist ihre Abdachung gegen die See steiler als gegen das Land; doch verändern sie unter der Einwirkung des Windes ihre Gestalt fortwährend und breiten sich durch dieselbe Ursache auch in das Land hinein aus, das sie dann auf lange Zeit für die Kultur unbrauchbar machen.

An vielen Küsten hat die Dünenbildung die alten Flussmündungen verlegt, hierdurch den Abfluss des Wassers gehemmt und durch die Anstauung desselben die Bildung von Seen in den Niederungen vor der Düne herbeigeführt. Solche Seen werden Lagunen, Strandseen, in Norddeutschland Haffe genannt. Die zwischen Meer und Haff liegende Düne stellt sich in der Form einer schmalen, langgestreckten Landzunge dar und heisst **Nehrung**, in Italien Lido, in Russland Peressip.

37. **Steilküsten.** **Steilküsten** erheben sich unter hohen oder selbst rechten Winkeln über den Meeresspiegel. Die allgemeine Bezeichnung für ein hohes Ufer ist **Gestade**, das die Franzosen Falaise nennen, wenn es felsig ist. Durch solche Steilküsten erhebt sich das Land gleichsam sprungweise über das Niveau des Meeres, und ihre Höhen sind verschieden, je nachdem das Küstenland ein Tief- oder ein Hochland ist. So steigen z. B. die Ränder des pontischen Tieflandes bei Akkjerman 110, die Falaises unfern der Seinemündung bei 400, die Kreidewände bei North Foreland

über 200 und jene des Beachy Head bei Dungeness 550, die Felsgestade der Hebriden bei 700, jene boi Trafalgar in Spanien 300 bis 800, bei Gibraltar 1440, am Nord-Cap 943 endlich die der Faröer, so wie dio Einfassungen der norwegischen Fjorde 1000 bis 2000 F. über den Meeresspiegel empor.

Ist die Steilküste aus lockerem Erdreich zusammengesetzt, so sind die Zerstörungen derselben durch den Wellenschlag oft ausserordentlich gross; so ist z. B. der nördliche Küstensaum des Schwarzen Meeres stellenweise in einer Breite von 1000 bis nahe an 3000 F. mit den Trümmern des eingestürzten Gestades bedeckt; die Russen nennen solche Stellen Obruiwi. Bei Helgoland, in Norwegen, im westlichen Schottland, in Irland, in der Bretagne, in Dalmatien, Albanien und Griechenland u. a. a. O. starren die Küsten von Klippen, die der Andrang der Meereswogen vom Lande allmälig abgelöst hat. Je nach dem Bodenmateriale und der Schichtenstellung ist hierbei die Wirkung der See eine verschiedene. Am grössten erscheint sie dort, wo die Straten horizontal liegen und irgend eine der tieferen Schichten vom Meere leichter erodirt wird. Das überhängende Land stürzt dann oft in grossen Massen in die Tiefe und bedeckt mit seinen, in wilder Unordnung gelagerten Bruchstücken von jeder Grösse den seichteren Meeresgrund. Ragen diese Trümmer über den Wasserspiegel auf, so werden sie in England Unterklippen (undercliffs) genannt *).

38. **Fjorde.** Eine eigenthümliche Küstenbildung endlich bilden die Fjorde, wie sie typisch in Norwegen, und auch an anderen gebirgigen Küsten der gemässigten und kalten Zone vorkommen. Fjorde sind schmale, gewöhnlich vielgewundene, von steilen oder senkrechten Felswänden eingeschlossene und oft viele Meilen weit in das Land eindringende Meeresbuchten, von denen nicht selten andere secundäre und kleinere Fjorde in die Nebenthäler des Gebirges auslaufen. Die ausgezeichnetste Erscheinung dieser Art ist wol der Sognefjord unfern Bergen in Norwegen; er erreicht in keinem Punkte die Breite einer geographischen Meile, ist in seinen oberen Theilen meist kaum eine halbe Meile breit, zählt 14—15 Nebenfjorde und greift 25 Meilen weit in die höchsten Theile des skandinavischen Gebirgssystems ein. Der Drontheimfjord hat eine Länge von 22, der Hardangerfjord von 17, der Porsangerfjord von

*) Siehe die schöne Zeichnung im Handbuche der physischen Geographie v. Klöden. Seite 92.

16 und der Isefjord von 13 geographischen Meilen. Als mit Wasser ausgefüllte Thäler angesehen, wird von ihnen später nochmals umständlicher die Rede sein.

39. **Hügelformen.** Hügel sind die ersten und unbedeutendsten Abweichungen des Bodens von der Ebene und wir kennen bereits jene Höhengrenze, bei welcher der Begriff Hügel aufhört und der des Berges beginnt. So wenig als es möglich ist, die Höhe einer Erhebung durch den Augenschein genau zu bestimmen, so wenig ist es nothwendig, an jener Grenze pedantisch festzuhalten. Nicht minder ist uns bereits bekannt, was man unter Flachland und Hügelland zu verstehen habe.

Die Hügel im Tieflande gehören in der Regel den jüngsten Formationen der Erdrinde an, und sind, vom Winde gebildete Sandhügel abgerechnet, wie bereits erwähnt, hauptsächlich Producte der Wasserspülung. Da die Materialien, aus denen sie bestehen, meist von lockerer, den Angriffen der Erosion leicht zugänglicher Art sind, so werden ihre Oberflächen gewöhnlich sanft geneigt und Böschungen von mehr als 10 Grad selten sein. Gerölle und comprimirter Sand werden dabei meist etwas steilere Gehänge bilden als Thon- und Mergelboden. Grössere Neigungswinkel als der angegebene kommen dort vor, wo Wasserläufe die Füsse der Hügel benagen, die Flussbetten eintiefen und das Erdreich an den Ufern zu oft wiederholten kleinen Einstürzen nöthigen.

Sind die Böschungen der Hügel sehr sanft und deshalb die vertieften Zwischenräume sehr flachmuldig, so pflegt man eine Folge solcher Erhebungen auch als Bodenwellen, Terrainwellen zu bezeichnen.

In Dünen- und anderen Sandgegenden sind die Hügel in Form und Lage je nach der Richtung und Stärke des Windes veränderlich. Fegt gelegentlich ein Sturm über solche Flächen hin, so hebt er den Sand wirbelnd in die Luft, der Horizont scheint, von der Ferne gesehen, wie von einer riesigen, missfärbigen, unheildrohenden Courtine verhängt, und hat sich der Wind gelegt, so ist auf dem Sande alles anders wie vor und eine bestimmte Stelle nicht wieder zu erkennen. Die Langseiten der neugebildeten Sandhügel stehen dann gewöhnlich senkrecht auf die Windrichtung und sind unter sich parallel; die Abdachungen auf der Luvseite sind sanft, auf der Leeseite steil und die Verschneidungen der Flächen oft so scharfkantig, wie bei getriebenem Schnee.

Die Mannigfaltigkeit der Formen im Hügellande ist nicht

gross, und was hierüber gesagt werden kann, wird bei den Bergen und Gebirgen zur Sprache kommen.

40. **Bergtheile.** Bei einem Berge unterscheiden wir zunächst den Gipfel, den Fuss und was zwischen beiden liegt — den Rumpf.

41. **Gipfel der Berge und Gipfelformen.** In dem Gipfel des Berges verliert sich die horizontale Dimension des Rumpfes und bleibt nur die verticale übrig; von ihm beginnen die den Rumpf auf allen Seiten einschliessenden und auf die verschiedenste Weise gebogenen, verkrümmten, sich verschneidenden und abgedachten Flächen. Er steht zum Fuss in gegensätzlichem Verhältniss, denn dieser ist der Nullpunkt, jener das Maximum der relativen Erhebung des Berges.

Aber auch der Gipfel ist sehr verschieden geformt und führt demgemäss verschiedene Namen. Die deutsche Sprache ist übrigens nicht eben reich an Bezeichnungen für verschiedene Gipfelformen; insbesondere ist es die spanische Sprache, die sich nach Humboldt einer grossen Menge entsprechender Bezeichnungen für allerlei Bergformen erfreut. Auch die französische Sprache ist nach Elisée Reclus nicht arm an Namen dieser Art *). Der berührte Defect der deutschen Sprache rührt offenbar davon her, dass die Schriftsprache unseres Volkes vornehmlich aus flachem oder hügeligem Lande stammt, wo das Bedürfniss nach Ausdrücken zur Bezeichnung verschiedener Bergformen weniger gefühlt wurde. In den oberdeutschen Dialecten bestehen derlei Ausdrücke ohne Zweifel in grösserer Anzahl, und man hätte nur in diese Dialecte zu greifen, um die wissenschaftliche Terminologie entsprechend zu bereichern. Dies ist mitunter wol auch geschehen, was durch die jetzt allgemein giltigen und verständlichen Worte: Grat, Kogel, Kofel, Fluh, Schneide, Tobel, Runs, Muhr, Schrofen, Klamm u. dgl. m. — Worte, die wol sämmtlich den in den Alpen herrschenden Mundarten entnommen sind, bewiesen werden kann. Wir werden unsererseits im Nachfolgenden versuchen, die in der orographischen Terminologie des bezüglichen Bereiches vorhandenen Lücken, so weit sie uns erkennbar, mit solchen und anderen passenden Namen auszufüllen.

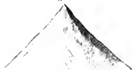
Wir unterscheiden unter den Gipfelbildungen nachfolgende Formen und Bezeichnungen **):

*) „La Terre" von Elisée Reclus, pag. 146.

**) Es muss übrigens bemerkt werden, dass fast jeder Gipfel, von verschiedenen Seiten angesehen, verschiedene Formen zeigt.

1. Der einfache aufrechte Kegel, auf allen Seiten unter gleichen oder nahezu gleichen Neigungswinkeln mit dem Horizonte abfallend und von beliebiger Höhe — Spitze, Spitz, französisch Pic. (Ortler, Cima di Nardis, Adamello u. a.)

Fig. 6.



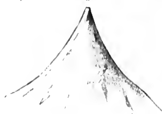
2. Der einfache schiefe Kegel, bei welchem der Abfall auf einer Seite merklich steiler ist als auf der anderen — Schiefe Spitze. (Wiesbachhorn, vom Süden aus gesehen, der Hochfeiler und viele a. m.)

Fig 7.



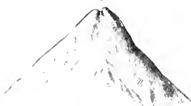
3. Die pfeilartige Spitze, bei welcher der Abfall zu oberst am steilsten ist und sich gegen die Tiefe hin ermässigt, so dass die Seiten des Verticalschnittes gegen den Berg eingebogen sind — Horn, französisch Dent; eine zierliche und bei grösserer Höhe sehr auffällige Gipfelform. (Grossglockner, Grossvenediger, Finsteraarhorn, Piz Linard u. a.)

Fig. 8.



4. Die oben etwas abgerundete oder stumpfe Spitze — Kuppe, Kogel, Kofel, Kopf eine häufig vorkommende Form. (Der Oetscher, der Gr.-Buchstein, der Pyrgas u. s. w.)

Fig. 9.



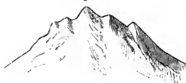
5. Ist der Gipfel breit abgerundet und sind seine Abfälle zu beiden Seiten gleichförmig und steil, ist seine absolute Höhe wenigstens relativ gross, so dass er seine Nachbargipfel überragt, so heisst er

Fig. 10.



ein Dom, eine Kuppel oder Glocke, in den Vogesen Ballon oder Belchen. (Similaun, Königspitze, Caré alto bei Tione, die Riesenkoppe, der Kasbek im Kaukasus u. a.)

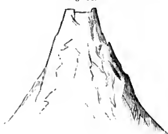
Fig. 11.



6. Unregelmässig abgerundete und breite Gipfelmassen werden in Kärnthen sowie im angrenzenden Tirol Nock genannt.

7. Ein auf allen Seiten mit grosser Schroffheit aufsteigender, hochragender, oben flach abgestutzter Gipfel heisst ein Thurm. Ein vielbewundertes Exemplar dieser Art ist das Matterhorn (Mont Cervin) bei Zermatt im Canton Wallis; andere Beispiele sind der Floitenthurm im Zemmthale, der Pateriolspitz unfern des Arlberges, beide in Tirol u. a.

Fig. 12.



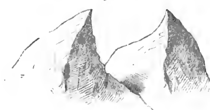
8. Ist der Gipfel oben breit abgeschnitten, die Form dadurch plateauartig ausgebreitet, und sind dabei die Seitenböschungen schroff, so ist es ein Tafelberg. Als Prototyp kann der Tafelberg am Cap der guten Hoffnung gelten. Derlei Formen kommen im Kalkgebirge sehr häufig vor (Hohe Wand bei Wr.-Neustadt, Raxalpe, Schneealpe — diese beiden als Berge vielleicht etwas zu gross — die Zeller und Aflenzer Starritzen bei Aflenz in Steiermark u. a. m.)

Fig. 13.



9. Ist ein Gipfel von ungleich starkem Gefäll, auf der steileren Seite eingebogen, auf der sanfteren aber ausgebogen, oder auch umgekehrt, so heisst er ein Krummhorn; der zweite Fall dürfte jedoch nur selten vorkommen. Von der ersten Art ist z. B. der Brenn-

Fig. 14



kogel bei Heiligenblut von N. gesehen, der Wildgall bei Antholz, der Kriwan in der Hohen Tatra u. v. a. Von der zweiten Art ist die Glockerin, wie sie sich im Kaprunerthale darstellt.

10. Eine halbkugelförmige, auf allen Seiten sanft abgedachte Masse werden wir einen Bergbuckel nennen. Diese Form darf wol nur im Hügel- oder niedrigen Berglande gesucht werden, wo sie häufig genug vorkommt.


Fig. 15.

11. Ist ein spitz-, horn- oder thurmartiger Gipfel oben schief abgeschnitten, so entsteht eine auf der Höhe scharfkantige Form, die den Namen Schneide führt; hierher werden auch jene Fälle gehören, wo ein Gipfel in einen kurzen felsigen Grat ausläuft, der dann gewöhnlich mit kleineren Zinken und Zacken besetzt ist — eine in den höheren Gebirgen aller Formationen häufig auftretende Gipfelform, die jedoch mit dem Grat, der eine Kammform ist, nicht verwechselt werden darf. Nach der ersterwähnten Form ist z. B. der Ganot bei Kals und die Hohe Dock im Fuscherthale, nach der zweiten sind unzählige Gipfel gebildet.

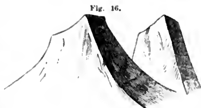
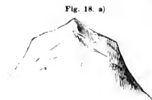

Fig. 16.


Fig. 17.


Fig. 18. a)

12. Ist der Abfall des Gipfels anfänglich auf beiden Seiten und bis auf ungefähr gleiche Tiefen herab mässig, und dann erst schroff oder steil, so könnte man den Gipfel vielleicht nicht unzweckmässig eine Giebelspitze oder ein Giebelhorn nennen.


Fig. 18. b)

(Hochschober bei Kals, Edlenkopf in Rauris, die Cima di Brenta in Süd-Tirol aus W. gesehen u. a.)

13. Theilt sich eine Gipfelmasse nahe der Höhe in zwei gleiche oder ungleiche Spitzen oder Hörner, mit einem schmalen oder niedrigen, in dem letzteren Falle aber nicht allzubreiten Sattel, der sie trennt und verbindet, so entsteht ein Doppelspitz oder ein Doppelhorn. Ist der erwähnte Sattel allzu breit, so wird aus der Masse ein Kamm mit zwei Gipfeln. Ein vielbekanntes schönes Doppelhorn ist der Watzmann bei Salzburg; andere Formen dieser Art sind: der Grossglockner aus N. gesehen, der Hochtenn im Fuscherthale, die Wildspitze bei Fend, der Zefall im Martellthale u. a.

Fig. 19. a)

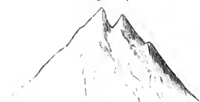


Fig. 19. b)

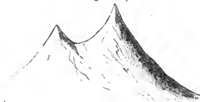


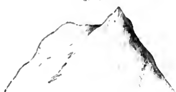
Fig. 20.



(Querprofil.)

14. Liegt jedoch ein zweiter oder dritter Gipfel nicht im Hauptkamme, sondern auf einem mehr oder minder rasch zu Thal niederstreichenden Nebenkamme, ist er also vom Hauptgipfel ziemlich weit entfernt und daher auch meistens bedeutend niedriger als dieser, so wird er eine Rückfallskuppe, Rückfallsspitze oder rückfallende Spitze genannt. In der nebenstehenden Zeichnung stellt *a* den Hauptgipfel, *b* eine Rückfallsspitze und *c* eine Rückfallskuppe vor.

Fig. 21.

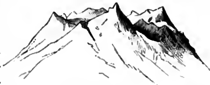


15. Setzt sich die Spitze nur auf einer Seite in tieferem Niveau horizontal eine kurze Strecke weit fort, so dass er ein kirchenähnliches Gebäude darstellt, so scheint mir der Name Schultergipfel oder geschulterter Gipfel

(Spitze, Horn) passend. Gipfelbildungen von dieser Form kommen in jedem Gebirge in Menge vor.

16. Endet der Gipfel breit, unregelmässig, massig, d. h. gibt es der Kuppen mehrere und sind sie dabei flach oder stehen sie gruppenweise neben- und hintereinander, so entsteht jene Form, die in der Schweiz ein Stock genannt wird; ihre Plastik ist im Detail ausserordentlich mannigfaltig. Der Monte Rosa ist ein solcher Stock. Am häufigsten kommen sie in den Kalkgebirgen vor und in denselben ist der Schneeberg ein nahe liegendes Beispiel.

Fig. 22.



Wenn die hier vorgeführten Bezeichnungen auch weitaus noch nicht für alle in der Natur vorkommenden Gipfelgestalten ausreichen, so ist das eben ein Mangel der Sprache, dem mit einem Male und sogleich nicht abgeholfen werden kann.

42. Die wichtigsten Elemente in der natürlichen Beschaffenheit eines Berges ist die absolute und die relative Höhe seines Gipfels; von jener hängen in den meisten Fällen die geognostische Zusammensetzung des Berges, die allgemeinen Verhältnisse seiner Steilheit und Wegbarkeit, seines Klimas und seiner Pflanzenbedeckung — von dieser, d. h. von der relativen Höhe hängen seine Masse, seine Bedeutung als Verkehrshinderniss und sein landschaftlicher Werth ab. Je höher nämlich der Gipfel in das Luftmeer taucht, desto weniger werden mit grosser Wahrscheinlichkeit die jüngeren Bildungen der Erdkruste an seiner Zusammensetzung Theil nehmen, desto compacter werden in der Regel seine Gesteine und desto schroffer seine Abfälle sein; aus demselben Grunde wird auch sein Klima kälter, seine Vegetation ärmer, die Angriffe der Verwitterung erfolgreicher und seine Gehänge auch deshalb rauher, felsiger und unwegsamer sein. Uebersteigt dabei der Gipfel eine gewisse Höhengrenze, so wird nach Umständen ewiger Schnee ihn bedecken, der beinahe absolut jedes pflanzliche und thierische Leben ausschliesst. Es ist nicht minder klar, dass die scheinbaren Höhen und die Volumina zweier gleich hoher Berge ganz andere sein müssen, von denen der eine, wie z. B. der Pic von Teneriffa, frei vom Meere weg aufsteigt, der andere aber einem mehrere Tausend Fuss hohen Plateau aufgesetzt ist, wo der eigentliche Berg nur aus der Masse besteht, welche das Niveau jener Hochebene überragt.

43. **Rumpf, Rumpfformen, Berggehänge.** Der Rumpf oder Körper des Berges ist auf allen Seiten von den Flächen eingeschlossen, die den Gipfel mit dem Fusse verbinden. Der Verlauf dieser Flächen, die wir das Gehänge des Berges nennen, ist nur in seltenen Fällen glatt und eben. Die Gehänge sind vielmehr, wie oben erwähnt, auf die mannigfaltigste Weise gequält, verbogen, gekantet und gebrochen. In der Art und Weise der Anordnung jener Flächen spricht sich der individuelle topographische Charakter des Berges aus, und derselben gemäss erhalten auch die Gehänge und ihre Theile verschiedene Namen. So wird ein ziemlich ebenes, nicht allzu steiles Gehänge eine Lehne, ein Hang oder eine Fluh, ein kantiger, schmaler, meist felsiger, mehr oder minder rasch abfallender Theil des Gehänges eine Bergrippe, eine schmale nur seicht in den Grund eingegrabene Wasserrinne eine Siefe, und wenn sie tief in das erdige Gehänge einschneidet, ein Wasserriss oder eine Rachel genannt. Mulden sind breite, schalenförmige Vertiefungen im Gehänge; ein Runs ist eine tief in den Gebirgskörper eingegrabene, steil niedersteigende Falte, die einem kleinen Wasserlaufe als Rinnsal dient und den Namen Tobel erhält, wenn sie von Geröllen und wüstem Felsgetrümm bedeckt ist. Eine sehr steile und deshalb meist felsige Partie des Gehänges heisst ein Absturz, und ist sie noch weit steiler, ja mitunter sogar lothrecht, und hat sie dabei eine ansehnliche Höhe, so nennt man sie eine Wand. Die auf Abstürzen und Wänden vorkommenden Felsen führen in Tirol den Namen Schrofen.

Einige dieser Gefällsgradationen sind durch Angabe der Neigungswinkel näher bestimmt worden; so liegen diese Winkel

bei einer Lehne	zwischen	0	und 15	Grad,
„ einem Hange	„	15	„ 25	„
„ „ Absturze	„	25	„ 45	„
„ einer Wand	„	45	„ 90	„

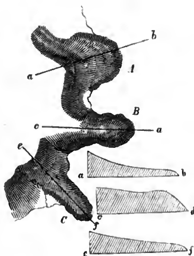
Diese Neigungswinkel sind von dem Materiale abhängig, aus welchem das Gehänge besteht. Viele Gneisse und Urschiefer, viele kristallinische Massengesteine, Kalk- und Sandstein, die der Verwitterung gut widerstehen, werden sich unter steileren Abfallswinkeln erhalten können, als thonige und mergelige Gebilde, als Gerölle, Sand- und Trümmermassen. Deshalb sieht man an den Bergen, die aus den erstgenannten Gesteinen bestehen, oft sehr steile und nicht selten verticale Wände und Abstürze. Ich erwähne in dieser Beziehung nur die furchtbaren und fast schon allgemein bekannten

Felswände der Zwieselsteiner Schlucht im Oetzthale, dann der Dornauberger Klamm bis zum Karlstege im Zemmthale, ferner des Taminaschlundes bei Pfäffers, der Viala mala und der berühmten Cañons des Colorado in Nordamerika. Herabbröckelnde Felstrümmer (in Sturzhalden, siehe unten) erhalten sich in einzelnen Fällen unter einer Neigung von 39 Grad, gewöhnlich aber nur von 35 bis 30 Grad. Vom Wasser herabgetragener Schutt (in Schuttkegeln) erreicht höchstens eine Neigung von 35 Grad, hält sich aber im Mittel auf nur 16 Grad; Gerölle, Sand und Lehm bilden im Grossen immer nur sanfte Lehnen, die in seltenen Fällen eine Böschung von 20 Grad erreichen; an frisch angebrochenen Stellen erhalten sie sich auch wol unter steileren Winkeln, die sich jedoch unter dem Einflusse der Atmosphärilien sehr bald ermässigen. Lockerer Sand endlich kann sich, wenn frisch aufgeschüttet, unter Winkeln von 25, im Allgemeinen aber höchstens unter einer Neigung von 15 Grad erhalten.

44. **Bergfuss.** Der Bergfuss ist die untere Begrenzungslinie des Rumpfes, wo der Berg aufhört und die Ebene oder Thalsohle beginnt, die Verbindung aller Nullpunkte der relativen Höhe. Der Bergfuss ist nicht häufig mit Sicherheit bestimmbar, weil das von den Berghängen abrollende Erdreich die Fusspunkte des Berges verhüllt. Nur wenn ein Gewässer dicht an den Berg herantritt, wird sich der Bergfuss mit vollständiger Klarheit darstellen.

Dort allein, wo das Gehänge als glatte und ebene Fluh den Bergfuss erreicht, wird dieser eine gerade Linie bilden. In den meisten Fällen aber ist er, übereinstimmend mit den Gehängflächen, vielfach ein- und ausgebogen. Wo Runse, Tobel, Mulden oder andere Hohlformen des Gehänges einfallen, wird der Bergfuss gegen den Körper des Berges, bei gewölbten Formen wird er gegen die Ebene oder das Thal vorgreifen. Ist ein vorspringender Theil des Gehänges breit und sanft geböscht, so nennt man ihn Zehe

Fig. 23.



oder Schleppe, ist sein Abfall steil und dieser in einiger Höhe abgesetzt, so heisst er Nase, und ist er schmal, felsig, steil und weit in das Thal vorspringend, so wird er Sporn genannt. In dem vorstehenden Diagramm stellt A eine Zehe, B eine Nase und C einen Sporn vor; die beigefügten Durchschnitte verdeutlichen die Formen näher.

45. **Trümmergebilde im Allgemeinen.** Als secundäre Formen der Berghänge mögen gleich hier die sogenannten Sturzkegel und Trümmerhalden, sowie die Schutt- oder Schwemmkegel zur Erwähnung kommen.

Unter beiden Ausdrücken versteht man Ansammlungen von Felsfragmenten, welche unter verschiedenen Formen vorkommen und theils an die oberen, theils an die unteren Parthien der Berghänge angelehnt sind. Diese Felstrümmer werden durch Verwitterung, Frost, Blitzschläge, Lawinen u. dgl. von ihren ursprünglichen Lagerstätten abgelöst, sind von sehr verschiedener Grösse und ordnen sich, wenn sie einfach dem Zuge der Schwere folgen oder durch fliessendes Wasser fortgetragen werden, an den tieferen Theilen des Gehänges in bestimmten Formen an.

46. **Sturzkegel, Trümmerhalden.** Die Sturzkegel, Sturz-, Schutt- oder Trümmerhalden *) entstehen auf trockenem Wege durch Anhäufung des Felsschuttes, theils in schmalen Felsrinnen mit conischer Ausbreitung in den unteren Theilen, theils in wannenförmigen Mulden, deren Seiten und Sohlen sie oft ganz mit wüstem, missfärbigem Trümmerwerk bedecken und die im höheren Gebirge Schuttkaare heissen, theils in ebenen, stark geneigten Flächen, die sich am Fusse schroffer Felsabstürze, oben in alle Einschnitte derselben eingreifend, nicht selten weithin fortziehen und in allen Fällen zur Verwüstung des nutzbaren Bodens viel beitragen. Derlei Sturzhalden haben gewöhnlich eine sehr starke Neigung gegen den Horizont, ja oft die grösste, die sie annehmen können, weshalb es zuweilen geschieht, dass das Betreten derselben sie in Fluss und den unvorsichtigen Wanderer in ernste Gefahr bringt **).

*) Von H. Hogard in den „Recherches sur les Glaicers et sur les Formations erratiques des Alpes de la Suisse." pag. 113 Cônes oder nappes d'éboulement genannt. Er gibt ihre grössten Neigungen, wenn sie aus Kalk, Mergel, Thonsandstein und Geschieben bestehen, mit 26½, bei Granit mit 35 Gr. an.

**) Der Verfasser selbst ist einmal 1857 im Kalkgebirge bei Innsbruck mit genauer Noth dem Verschüttetwerden durch einen solchen in Gang gerathenen Sturzkegel entgangen.

Der grösste hier vorkommende Neigungswinkel ist mit 39 Grad beobachtet worden. Im Hochgebirge entstehen diese Gebilde häufig durch Gletscher, die auf den Abdachungen der Gebirgskämme liegend und endigend, den herabgetragenen Moränenschutt unterhalb ihrer Enden oft in breiten Halden über das Gehänge herabschütten. Alles höhere Gebirge zeigt Beispiele von Sturzkegel und Sturzhalden in grosser Menge. In den Ostalpen kommen sie in den nördlichen Thälern der Hohen Tauern (Kötschach, Anlauf, Kaprun, Stubach u. a.), dann südlich im Dössenthale bei Ober-Vellach und im Zirknitzthale bei Döllach, ferner im Zillergrunde und in der Hundskehle der Zillertbaler-Alpen, im Oetzthale, sowie in den Kalkalpen und unter diesen besonders in den südtirolischen Dolomitalpen, sowie in den julischen Alpen nicht selten in grossartiger Enwicklung vor.

47. **Schutt- oder Schwemmkegel.** Die Schutt- oder Schwemmkegel *) hingegen haben ihre Lage stets am Fusse der Berghänge und werden durch Hochwässer gebildet, welche Theile der höher gelegenen Sturzhalden und andere über den Gehängflächen angesammelte Felsfragmente in die Tiefe führen, und sie im Thale in der Form eines halben Kegels ablagern. Die Spitze dieses Halbkegels liegt allemal an der Mündung des Nebenthals, aus welchem die Fluth hervorgebrochen, die Grundfläche des Kegels bedeckt die Sohle des Hauptthales, und die Mantelfläche zeigt regelmässig oben ein stärkeres Gefäll als unten, wesshalb auch, wie bei den Sturzhalden, die grösseren Felsbrocken, die bei ihrem Abrollen die Reibung mit dem Boden leichter überwinden, am Fusse des Schuttkegels liegen. Häufig ist die ganze Form sanft thalabwärts gekrümmt, so dass sie etwas länglich wird und eine schräg liegende Capitallinie entsteht, längs welcher der etwa vorkommende Bach über den Schuttkegel hinwegläuft. Siehe Fig. 24 nebenan. Es gibt Schuttkegel, die noch vom Diluvium herstammen; die meisten sind jedoch, wenigstens was ihre Oberflächen anbelangt, neuerer Entstehung, manche aber so alt, dass sie begrast, bewaldet und mit allerlei Culturen, ja selbst mit Ortschaften bedeckt sind. Auch ihre Grössen sind sehr verschieden; viele sind klein, bei

Fig. 24.



*) Beaumont nennt sie talus d'entrainement, H. Hogard déjections torrentielles.

anderen misst der Umfang bis zu einer Meile und darüber, wie z. B. der aus dem Piestingthale hervorgegangene diluviale Schuttkegel von Wiener-Neustadt, der einen Umfang von 5 Meilen hat*). Die Neigung ihrer Oberflächen gegen den Horizont beträgt bei grösseren Exemplaren 5 bis 10 Grad; kleinere haben gewöhnlich eine stärkere Neigung. Der erwähnte Wiener-Neustädter Schuttkegel hat kein grösseres Gefäll als 35 Minuten im Mittel, während der Verfasser im Krimmler-Achenthale ein Gefäll von 35 Grad beobachtete**).

Noch muss hier die hin und wieder vorkommende falsche Verwendung des Wortes Muhr oder Murre für Schuttkegel gerügt werden. Das Wort Muhr ist provinciell und bedeutet in Tirol schlechtweg eine jede durch Hochwässer abgelagerte Schuttmasse, welche Form diese Ablagerung auch immer haben mag. So sagt der Bauer, wenn ihm z. B. der Hauptbach einen auf der Sohle des Thales liegenden ebenen Wiesen- oder Ackergrund mit einer Geröllschichte überdeckt hat: „Die Wiese, der Acker ist vermuhrt“ oder „die Muhr liegt auf der Wiese, dem Acker“. In anderen Fällen sagt er: „Die Muhr hat mir das Haus verschüttet“ u. s. f. Es ist also mit dem Worte Muhr nicht sowol eine bestimmte Form von Schuttablagerung als vielmehr diese selbst verstanden.

48. **Gebirge, Gebirgsrücken, Gebirgskamm, Kammlinie.** Was man unter einem Gebirge nach wissenschaftlicher Auffassung versteht, ist oben bereits umständlich erörtert worden. Das Gebirge besteht hiernach aus Bergen, die durch den plastischen Verband schon für das blosse Auge, durch ihre mineralogische Beschaffenheit und Structur aber auch auf dem Wege der Induction als zusammengehörig erkannt werden.

Eine Reihe engverbundener Berge, oder nach Klöden „der gemeinschaftliche Stamm, welcher die einzelnen mannigfaltigen Glieder zu einem Ganzen zusammenhält“ wird ein Gebirgsrücken oder Gebirgskamm genannt. Wenn wir uns ferner den Kamm als Wassertheiler vorstellen, d. h. als eine nach zwei Seiten abgedachte Terrainform, welche die Wässer, die nach verschiedenen Seiten abfliessen, trennt, so nennen wir jene Linie, an welcher die Scheidung der Gewässer (hier insbesondere die meteorischen be-

*) „Der grosse Schuttkegel von Wiener-Neustadt“ von C. von Sonklar: Sitzungsberichte der k. k. Akademie d. Wissenschaften, Band 43, pag. 233.

**) Siehe „die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern“ v. C. von Sonklar, pag. 53.

trachtet) stattfindet, die Kammlinie. Dieselbe Linie kann man ideell auch dadurch erhalten, dass man sich den Kamm von unzähligen Querprofilen durchschnitten und alle höchsten Punkte dieser Querprofile durch eine Linie verbunden denkt. Die Kammlinie ist es ferner, die das Gebirge, von der Ferne angesehen, gegen das Firmament abgrenzt.

49. **Gebirgssättel und ihre Formen.** Die Kammlinie besteht aus einer Folge von auf und niedersteigenden Kurven, zwischen welchen sich nur selten ein horizontales Linienstück einfinden wird. Die aufsteigenden Kurven werden durch die Gipfel, die absteigenden durch die Sättel gebildet. Sattel ist die allgemeine Bezeichnung für alle Einschnitte im Kamme, insbesondere für die tiefsten Punkte derselben; sie führen verschiedene Namen. So versteht man in den Alpen unter Joch einen Sattel im hohen Gebirge*), unter einer Scharte einen solchen Einschnitt, der tief und enge in einen felsigen Kamm eingreift; unter einem Pass einen Sattel, der als Uebergang benützt wird. In einer Abtheilung der östlichen Alpen wird mit Tauern, dem Volksgebrauche gemäss, ein hoher im Hauptkamme des Gebirges liegender Uebergang verstanden. Ist der Sattel ungewöhnlich tief, die Abfälle daher nach beiden Seiten sanft und flach und der Sattelpunkt oft schwer erkennbar, so wird er Scheideck genannt. Im Französischen wird Col für Sattel und Joch, Port für Pass gebraucht. — Die Wichtigkeit der Sättel ist einleuchtend, denn nicht allein dass sie die einleitenden Anfänge der beiderseitigen Quer- oder Längenthäler sind und durch ihre Tiefe und Gestalt die Physiognomie des Gebirges bestimmen helfen, so sind sie auch gleichsam die Brücken, über welche die Verbindungen der Menschen unter einander das grosse Hinderniss des Gebirges übersetzen; die Pforten alles Verkehrs zwischen hüben und drüben, die Richtungspunkte der Fusssteige und Saumwege so gut wie die der Strassen und Eisenbahnen und oft auch die Grenzmarken verschiedener staatlicher, nationaler und klimatischer Gebiete. Ist diese Bedeutung der Sättel schon im niedrigen und mittelhohen Gebirgen von grossem Belange, so ist sie es im hohen Gebirge noch ungleich mehr, weil hier die Zahl der brauchbaren, zur Herstellung bequemer Uebergänge geeigneten Sättel um vieles geringer und der Bau der Strassen und Eisenbahnen kostspieliger ist; weil hier die Elementargewalten

*) Die Ausdehnung des Begriffes Joch auf einen ganzen transversalen Nebenkamm, oder gar auf den Hauptkamm (siehe Naumann: Lehrbuch der Geognosie I.) als Hauptjoch, ist in den Alpen unbekannt.

der Natur weit mächtiger wirken und es der ängstlichsten Sorgfalt und aller Mittel der Technik bedarf, um jene Verkehrsmittel zu schützen und brauchbar zu erhalten. Der Mont Génèvre, der Mont Cenis, der Simplon, der Sct. Gotthard, der Splügen, der Brenner und der Semmering sind in den Alpen die wichtigsten Pässe dieser Art.

Von der Höhe und Form der Gipfel und Sättel und von der Neigung der Gehänge hängt in allen Fällen der individuelle Charakter der Gebirgskämme ab.

50. **Mittlere Kammhöhe.** Aus der zu einer Function vereinigten Höhe der Gipfel und Sättel ergibt sich die allgemeine Höhe der Kammlinie, die wir als mittlere Kammhöhe bezeichnen. Sie ist jene Höhe, die der Gebirgskamm erhielte, wenn wir die Gipfel abtragen, die Sättel ausfüllen und den Kamm dadurch in ein dreiseitiges Prisma mit horizontaler Oberkante oder Kammlinie verwandeln könnten. Es ist klar, dass die mittlere Kammhöhe eben so gut von der Höhe der Gipfel als von der Tiefe der Sättel abhängig ist. Wie das aus den einzelnen Höhendaten zu entwickelnde Mittelmaass der Kämme und Gebirge aufzufinden ist, wird in dem zweiten oder orometrischen Theile dieser Abhandlung einer umständlichen Erörterung unterzogen werden.

51. **Culminirender Gipfel.** Der höchste Gipfel eines Gebirges wird der culminirende Gipfel genannt und es ist seine Höhe, in Ermanglung der mittleren Kammhöhe, ein wichtiges Argument für die Beurtheilung des ungefähren Maasses dieser letzteren. Sie ist aber auch in geologischer Beziehung wichtig, weil sie einen Schluss auf die Intensität jener Kräfte erlaubt, die einst das Gebirge emporgehoben haben.

52. **Verzeichniss von Kammhöhen, Gipfelpunkten und Passhöhen.** Ich gebe hier drei kurze Verzeichnisse der wichtigsten bisher berechneten mittleren Kammhöhen, höchsten Gipfelpunkte und namhaftesten Sättel.

A. Mittlere Kammhöhen.

	P. F.		P. F.
Die Alpen (nach Humboldt)	7200	Die Südalpen	5756
„ Ostalpen, Hauptkamm	7503	„ Pyrenäen	7500
„ „ centraler Theil	7084	Der Kaukasus	7950
„ „ Oetzthaler Gruppe	9260	Der Himalaya	14700
„ „ Stubayer „	8613	Die Anden	11100
„ „ Zillerthaler Alpen	8262	„ Venezuela-Kette	4500
„ „ Hohe Tauern	8388	„ Alleghanies	3360
„ Nordalpen	5000		

B. Höchste Gipfelpunkte.

Europa.

Alpen:	P. F.
Cima de Gelas (See-A.)	9815
Monviso (cottische A.)	11827
Pic des Ecrins (Oisans)	13099
Montblanc (graj. A.)	14809
Monte Rosa (pennin. Alp.)	14275
Täschhorn (pennin. Alp.)	14050
Grabhorn (pennin. Alp.)	14030
Rheinwaldhorn (Lepont. A.)	10465
Piz Bernina (rhät. A.)	12564
Galenstock (Urner A.)	11073
Finsteraarhorn (Berner A.)	13160
Tödi (Tödi Kette)	11115
Wildspitze (Oetzthal. A.)	11625
Zuckerhütl (Stub. Gr.)	10802
Hochfeiler (Zillerth. A.)	10823
Grossglockner (H. Tauern)	11714
Gross Venediger „ „	11307
Ortler (Ortler A.)	12004
„ Königswand (Ortler A.)	11867
„ Adamello (Adamello Gr.)	10947
„ Rocca marmolata (S. Dolomit A.)	10380
u. s. f.	
Pyrenäen: Pic de Nethon (eig. Pyr.)	10722
„ Posets (eig. Pyr.)	10584
Montperdu (eig. Pyr.)	10482
Peña de Peñaranda (canth. G.)	10320
Çumbre de Mulahacen (S. Nev.)	11000
Picacho de Veleta (S. Nev.)	10728
Apennin:	
Aetna (Sicilien)	10171
Gran Sasso (Abruzzen)	9208
Karpathen:	
Lomnitzer Sp. (Tatra)	8131
Negoi	7830
Türk. griech. Geb.:	
Olymp	9754
Rilo-Dagh.	9235
Skandin. Syst:	
Ymes Fjeld	8017
Ural: Töll-pos-Is	5098
Kaukasus:	
Elbrus	17425
Dych Tau	16857
Kasbeck	15524

Asien.

	P. F.
Himalaya — Mustagh (36 Gipfel)	
Gaurisankar (Mt. Everest)	27212
Dapsang — Mustagh	26533
Kantschinschinga 1. Gipfel	26419
Kantschinschinga 2. Gipfel	26084
Dhawalagiri 1. Gipfel	25171
Nanga Parbat	24986
Dhawalagiri 2. Gipfel	24682
Dschawahir (Nanda Dewi)	24100
Rahipuschi	23984
Ibi Gamin	23807
Dschunnu	23743
Schneegipfel im Mustagh	23517
Mascherbram	23457
Gya 1. Gipfel	23438
Dapsang 2. Gipfel	22849
Punkt XXVI d. engl. Triang.	22813
Ibi Gamin 2. Gipfel	22709
Punkt XIV d. engl. Triang.	22538
Knbra	22533
Ihi Gamin 3. Gipfel	22519
Aling-Gangri	22519
Tschumalari	22468
Dayabung	22296
Punkt XIX d. engl. Triang	22116
„ XX „ „ „	22000
Nnu Kun	22000
Ser	21963
Puscht-i-Kar	21905
Mer	21828
Punkt XXVII d. engl. Triang.	21824
Badrinath	21778
Panhanri	21755
Sarga Ruer	21493
Punkt XXIV d. engl. Triang.	21479
„ XVII A. „ „ „	21418
Kidarnath	21335
Hindukoh:	
Hindukusch	19520
Tutukan Mutkani	19216
Kond	18608
Alhurskette:	
Demawend	13790
Kurdisches Geb.:	
Alwend	10000

Asien.	P. F.
Taurus u. Armenien:	
Grosser Ararat	15871
Alagös	12606
Kleiner Ararat	12056
Arghidagh (Argäus)	11917
Libanon:	
Höchst. Gipfel	10200
Thian-schan:	
Tengri-Chan	20000
Altai System:	
Bieluga	10380
Kamtschatka:	
Kliutschewskaja Sopka	15040
Korjazkaja Sopka	11090
Afrika.	
Atlas System:	
Miltsin	11400
Habessinien:	
Ras Detscheu (Aba Jared)	14200
Buahit	13500
Süd-Afrika:	
Kilima Ndscharo	18827
Mongoma Lobah (Camerun G.)	13760
Compassberg (Capland)	10250
Canarische Inseln:	
Pico de Teyde (Teneriffa)	11394
Amerika.	
Anden:	
Aconcagua	21584
Sahama	20970
Gualatieri	20604

Amerika.	P. F.
Parinacota	20670
Viejo-Pomarape	20500
Chimborazo	20100
Nevado de Sorata	19974
„ „ Ilimani	19843
V. v. Arequipa	19065
Antisana	17956
Mexico:	
Popocapetl	16626
Citlaltepetl (P. v. Orizaba)	16302
Rocky Mountains:	
Mount Hooker	15670
„ Murchison	14815
Cascaden-Gebirge:	
Mount Hood	17220
Pic Fairweather	16970
Mount Baker	14085
Alleghanies:	
Black Mount	6076
Sierra Nevada de Sta Martha	18000
Parime System	
Mavaraca	8000
Australien.	
Neu-Holland:	
Mount Kosziuszko	6733
Neu-Seeland:	
Mount Cook	12385
Sandwich-Inseln:	
Mauna Kea	12804
Mauna Loa	12613

C. Einige der wichtigeren Passhöhen in Europa.

In den Alpen:	P. F.
Mont Génèvre	5740
„ Cenis	6360
Kl. St. Bernhard	6580
Simplon	6470
St. Gotthard	6600
Lukmanier	5950
Bernhardin	6580
Splügen	6510
Maloja	5700
Stilfserjoch	8560
Tonale	5820
Reschenscheideck	4620

In den Alpen:	P. F.
Brenner	4400
Radstädter Tauern	5060
Katschberg	4890
Neumarkter Sattel	3080
Semmering	3020
Arlberg	5160
Toblacherfeld	3710
Loibl	4190
In den Pyrenäen:	
Col de la Perche	4800
Somosierra	4649

Im Apennin:	P. F.	In den Karpathen:	P. F.
Col di Tenda	5740	Jablunkapass	1950
La Bocchetta	2400	Duklapass	1600
Pietramala	2810	In der Türkei:	
		Trajanische Pforte	2490

und andere mehr.

53. **Besondere Kammformen.** Was die Form des Kammes im Ganzen anbelangt, so unterscheiden wir zuerst zwei Haupttypen, und zwar 1. den Rücken, wenn der obere Theil des Kammes sanft gewölbt oder bei mässiger Breite eben ist, und 2. den Grat, wenn die beiden Gehängflächen in der Kammlinie sich unter scharfen Winkeln schneiden.

Innerhalb dieser zwei Hauptformen gibt es eine grosse Zahl von Nebenformen, die unmöglich alle bezeichnet und benannt werden können. Doch mögen einige dieser Formen hier Erwähnung finden.

a) erhebt sich der Rücken (im Längenprofil betrachtet), etwa von seinem Ende angefangen in aufsteigenden Stufen, wobei es freilich selten mit geometrischer Regelmässigkeit ablaufen wird, so entsteht ein absetzender, abgesetzter oder Absatzrücken.

Fig. 25.



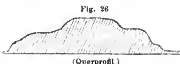
(Längenprofil.)

b) Dasselbe kann auch, wiewol selten, bei einem Grat vorkommen, wodurch er zu einem absetzenden, abgesetzten oder Absatzgrat wird.

c) Ist ein Rücken bei relativ geringer Breite horizontal und eben, so heisst er ein Flachrücken; er hat dann ungefähr die Form eines Dammes.

d) Ist ein Kamm auf einer oder auf beiden Seiten von einer nicht allzu tief unter der Kammlinie liegenden und nicht allzu breiten Terrasse begleitet, so nennen wir ihn einen Rampenkamm.

Fig. 26



(Querprofil.)

e) Ist ein schroffer felsiger Grat von vielen, nahe neben einander liegenden Scharten durchbrochen und die Kammlinie demnach in eine Reihe von Thürmen und Felszinken aufgelöst, so wird er ein Sägegrat genannt.

Fig. 27.



(Längenprofil.)

f) Ist bei einem längeren Kammstücke die Kammlinie gerade und horizontal, und bilden dabei die Gehänge eben so lange und glatte Flächen, so nennt man das einen Berg- oder Kammfirst. Der hohe Bergwall östlich des Steinerjoches gegenüber von Schwaz in Tirol ist ein auffallendes Beispiel dieser Kammform.

54. **Gehängformen.** Die Gehänge eines Gebirgskammes sind mehr noch als die eines einzelnen Berges auf die mannigfaltigste Weise gestaltet und begreiflicherweise im Hochgebirge mannigfaltiger als im mittelhohen und niederen Gebirge. Bald liegt nämlich die Kammlinie dem einen Fusse des Gebirges näher als dem anderen, wodurch die allgemeine Neigung der beiden Gehänge ungleich wird — bald ist das Gefäll in den oberen, bald in den unteren, bald in den mittleren Theilen des Gehänges am stärksten — bald ist es wol auch, wenngleich nur im Niedergebirge und auch hier nicht häufig, von der Kammlinie bis zum Fusse herab gleichförmig und glatt. Dabei ist gewöhnlich, selbst bei gleich grossem mittleren Gefälle, die Form der Gehänge auf den beiden Seiten ganz verschieden. Bald ist das Gefälle ein continuirliches, wenn auch stellenweise im Grade verschiedenes, bald stürzt das Gehänge plötzlich mit furchtbaren und lothrechten Wänden, oft mehrere hundert oder tausend Fuss tief, auf eine niedrigere Bergstufe herab, um sich terrassenförmig auszubreiten, als wollte es sich hier, auf grünem Wiesengrunde, von den Mühen eines so raschen Abstiegs erholen. Bei dieser ausserordentlichen Vielgestaltigkeit der Natur wird es nicht leicht sein, bestimmte Gesetze zu ermitteln, nach denen sich die Gehängformen in ihrer anscheinenden Willkür bewegen. Was sich in dieser Beziehung erkennen lässt, beschränkt sich auf Folgendes:

1. Der Neigungswinkel der Gehänge ist im Allgemeinen von der Höhe der Kämme und von dem Material, aus welchem sie bestehen, abhängig. Hochkämme und feste, nicht leicht verwitternde Gesteine werden steilere Gehänge zeigen als Kämme von geringer Höhe und anderen Felsarten.

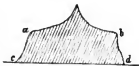
2. Kristallinische Massengesteine (Granit, Syenit, Granulit, Grünstein, Porphyr, Melaphyr, Basalt) sowie Gneiss und alle Urschiefer bilden, zu geringen Höhen emporgehoben, Hügel und Berge mit sanften Böschungen.

3. Ganz andere Formen aber nehmen alle diese Gesteine, wie auch die Kalke und Sandsteine an, sobald sie zu höheren Bergen aufgethürmt sind. Die Festigkeit ihrer Massen und ihr

Widerstand gegen manche Einflüsse der Erosion gestatten ihr Auftreten in pralligen Wänden, scharfen Graten, nadelartig zugespitzten Hörnen, stachligen Bergrippen und tiefeingerissenen, hohlen Gassen gleichenden Thälern.

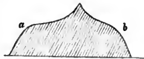
4. Der Gneiss bildet Hochkämme von scharf ausgeprägten Formen mit breiten, seicht in die Kammlinie einschneidenden Sätteln, grotesken Gipfelbildungen und tiefen, schluchtartigen Seitenthälern. Die typische Form eines Gneisskammes im Querdurchschnitt ist aus der nebenstehenden Zeichnung zu entnehmen. Der Grat ist zugeschärft, die Kanten bei *a* und *b* sind eckig und die unteren Theile der Gehänge bei *ac* und *bd* sind schroff und felsig.

Fig. 28.



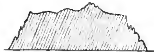
5. Beim Glimmerschiefer, Urthonschiefer und bei den meisten anderen Gliedern der Urschieferfamilie, wird zwar die normale Form des Querschnittes eine der vorigen ähnliche Gestalt besitzen, nur ist hier, wegen der geringeren Festigkeit der Gesteine, der Grat in der Regel minder schneidig, die Kanten bei *a* und *b* sind weniger vorspringend und die unteren Parthien der Gehänge nicht so schroff als beim Gneiss. Nur der Chloritschiefer und der Kalkglimmerschiefer, welche der atmosphärischen Erosion besser widerstehen, zeigen schroffere Formen, hohe Felswände und kühnere, zerrissenere Gipfelbildungen.

Fig. 29.



6. Kalksteine, Dolomit und Sandsteine stellen sich im höheren Gebirge häufig als plateauartig ausgebreitete Massen dar; die Abfälle zu Thal sind steil, stachlig und oft auf das wildeste zerklüftet; doch kommen auch schneidige Sägegrate, bizarre verwegene Gipfelformen und, wegen der Sprödigkeit der Gesteine, gewöhnlich auch riesige Sturzhalden und Schuttkegel vor.

Fig. 30.



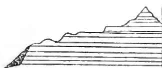
7. Thonige, der Verwitterung und Zerstörung stark unterworfene Gebilde (Thonschiefer, Mergel, thonige Sandsteine, Kreide, Conglomerate, Gerölle) haben selbst im höheren Gebirge meist sanfte, felsenfreie Gehänge. So kann man z. B. in den aus Thonschiefer zusammengesetzten Bergen oft stundenlang herumwandern, ohne ein anstehendes Gestein anzutreffen.

In den Gebirgen dieser Art haben die Kräfte der Erosion ihr freiestes Spiel, und desshalb sind hier Schlammströme und Murbrüche am häufigsten und gefährlichsten und die von daher rührenden Gehängformen am besten ausgeprägt.

8. Granit, Syenit, Granulit setzen dort, wo sie zu hohen Bergkämmen emporgehoben sind, gewöhnlich Formen von erstaunlicher Kühnheit und Grossartigkeit zusammen. Die Tatra, die Berner Alpen (zum Theil), der Montblanc-Stock, der Himalaya u. a. bestehen aus Granit oder Syenit. Bei der grossen Festigkeit der meisten Varietäten dieser Gesteine erhalten sich die Gipfel, Kämme und Gehänge unter hohen Winkeln und bilden Hörner und Nadeln, Sägegrate, überhängende Klippen, schroffe, von unwegsamen Trümmermassen bedeckte Gehänge, sturzdrohende Wände und finstere, spaltartige Thalschlünde. Zuweilen sind aber auch sehr hohe Gipfel als breite majestätische Dome ausgebildet. Die Kammform im Profil gleicht der des Gneisses.

9. Porphyr- und Melaphyr-Gebirge, besonders erstere, zeigen die Form breiter, unebener Plateaux, als Folgen der oft deckenartigen Ausbreitung eruptiver Massen. Die Rampenform ist nicht selten und eben so oft kommen grössere ausgebreitetere Terrassen vor. Auf den Hochflächen erheben sich höhere Kämme und einzelne schwach verbundene Hügel und Berge. Da beide Gesteinsarten leicht verwittern, so sind die Gehänge brüchig, mit Sturzhalden bedeckt und dabei häufig von tiefen, steilrandigen Erosionsfurchen durchzogen. Die Zeichnung nebenan gibt das Bild eines Porphyrgebirges im Querprofil.

Fig. 31.



10. Basalt und Trachyt bilden allerlei Formen, von sanften Buckeln bis zu langen, flachen Rücken oder felsigen und gezähnten, in wilder Unordnung aufstarrenden Kämmen und Graten. Die höchsten Gipfel der Cordilleren in Amerika bestehen aus Trachyt. Ist die Basaltmasse auf einer Seite abgebrochen und liegen hier die bekannten säulenförmigen Absonderungen dieses Gesteins zu Tag, so ist das Gehänge an dieser Stelle ein schroffer Absturz.

11. Der relative Steilheitsgrad beider Gehänge ist, sowie die Gipfelbildung, bei geschichteten Gebirgen von dem Streichen der Schichten mit Rücksicht auf das Streichen der Kammlinie abhängig; wird diese von den Schichten senkrecht gekreuzt, so

fällt das steilere Gehänge der Gipfel von den Structurflächen des Gesteines weg (Fig. 32) und die eingeschnittenen Seitenrunse folgen mehr oder weniger den Schichtflächen. Die Steilheit der beider-

Fig. 32.



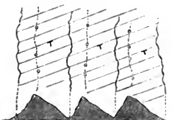
Fig. 33.



seitigen Gehänge aber wird keine namhaften Unterschiede aufweisen. Wird jedoch die Kammlinie von der Schichtung schief geschnitten, so wird sowol das Gehänge des Kammes als das der Gipfel auf jener Seite steiler sein, auf welcher die Schichten gehoben sind. (Fig. 33.)

12. Auf diese Art wird es kommen, dass mehrere parallel neben einander liegende Kämme ihre steileren Abfälle auf derselben Seite haben, wenn sie von den Structurflächen des Gebirges gleichartig schief geschnitten sind, und dass die Seite der Steilabfälle wechselt, wenn die spitzen oder stumpfen Winkeln auf die anderen Seiten der Kämme übergehen *). (Fig. 34.)

Fig. 34.

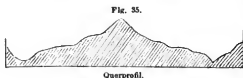


13. Aus den oben beschriebenen und anderen Ursachen werden Kämme von sehr verschiedener Höhe im Querprofil auch verschiedene Formen annehmen müssen. So versteht es sich z. B. von selbst, dass im niederen oder mittelhohen Gebirge die Höhendifferenzen nicht so bedeutend sein können, als im Hochgebirge, wo viele Theile des Gebirgsmassivs oft auf enorme Höhen emporgehoben und zwischen ihnen Spalten von eben so grosser Tiefe aufgerissen wurden. Aus den gehobenen Massen haben sich im Laufe der Zeit die heutigen Gebirgskämme und aus den Spalten die jetzigen Thäler herausgebildet. Im niederen Gebirge werden daher die Höhen meistens flach und rundlich und die Gehänge vorherrschend sanft abgedacht sein. Im Mittelgebirge wird sich der Kern der gehobenen Masse schon deutlicher durch grössere Höhe und

*) Siehe Näheres und Beispiele hierüber in der „Gebirgsgruppe der Hohen Tauern“ von C. v. Sonklar.

steileres Gefälle aussprechen. Aber hier hat die Erosion — dieselbe Erosionsdauer vorausgesetzt — verhältnissmässig tiefer in den Gebirgskörper hinabgreifen können als im höheren Gebirge, wesshalb dort nicht selten breite Terrassen in den unteren Theilen des Gehänges anzutreffen sind.

Fig. 35.



Querprofil.

14. Alle die geschilderten Typen machen sich jedoch nur in der Mehrzahl der Fälle geltend und schliessen andere Formen durchaus nicht aus. Dies folgt schon aus der oben angedeuteten, ausserordentlichen Mannigfaltigkeit in der Gestaltung der Gehänge. Die Diagramme nebenan repräsentiren drei oft vorkommende Kammformen, unter denen die dritte in Kalkgebirgen häufig beobachtet werden kann.

Fig. 36.



Querprofil.



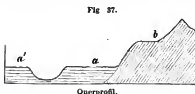
Querprofil.



Querprofil.

55. **Bergterrassen.** An vielen Orten des mittleren und höheren Gebirges findet man in den untersten Theilen der Gehänge meist wenig breite Terrassen, die oft stundenlang das Thal auf beiden Seiten begleiten, sich hüben und drüben an Höhe entsprechen, mit der Thalsohle parallel verlaufen, dabei mannigfach modellirt und von den Seitenthälern und Runsen in Theile zerschnitten sind. Wir nennen sie Bergterrassen; in Tirol werden sie allgemein Mittelgebirg genannt.

Fig. 37.



Querprofil.

Diese Bergterrassen (*a*, *a'*), die mit den Hochterrassen (*b*) nicht zu verwechseln sind, stellen in der Regel ein älteres Niveau der Thalsohle dar und bestehen meist aus tertiären, dem eigentlichen Gebirgskörper nicht ursprünglich angehörigen, sondern ihm erst später angelagerten Gebilden, in welche sich der Fluss allmälig sein gegenwärtiges Bett eingegraben hat. Sie kommen in der Schweiz und in den östlichen Alpen stellenweise in der schönsten

Entwickelung vor, sind oft viele Meilen lang, bis zu einer halben Meile breit, gegen das Hauptthal abgedacht, von Dörfern und Gehöften mit ihren Culturen bedeckt und oft mehrere hundert, selten jedoch mehr als tausend Fuss über der gegenwärtigen Thalsohle gelegen. Wir erwähnen hier dieser Bergterrassen deshalb, weil sie eine wichtige Nebenform des Kammgehänges bilden.

56. **Mittlerer Neigungswinkel der Kammgehänge.** Unter dem mittleren Neigungswinkel des Kammgehänges verstehen wir den Winkel, den eine Linie mit dem Horizonte einschliesst, welche von einem Punkte der Kammlinie senkrecht auf diese zu einem Fusspunkte gezogen wird. Sie wird leicht durch den Ausdruck tang $\alpha = \frac{n}{m}$ gefunden, wo α den zu suchenden Winkel, n die relative Höhe des betreffenden Punktes der Kammlinie und m die horizontale Entfernung dieses Punktes vom Fusspunkte des Kammes bedeutet. Es ist klar, dass die gefundene Grösse nur für jene Stelle Giltigkeit hat, für welche sie gesucht wurde. Durch rationelle Verbindung vieler solcher Winkelmaasse erhält man den allgemeinen, d. h. für den ganzen Kamm giltigen mittleren Neigungswinkel seines Gehänges.

Es ist erfahrungsgemäss nicht leicht, den Neigungswinkel des Gehänges auch nur für eine einzelne Stelle mit annähernder Richtigkeit abzuschätzen. Die Sache bedarf vieler Uebung und einer genauen Kenntniss der Fehlerquellen, zu denen hauptsächlich die Stellung des Beobachters vor dem Gehänge, die vom Gebirge oft verdeckte Lage der Falllinie, partielle Abstürze des Gehänges von grosser Schroffheit, die das Urtheil so leicht irreführen, ein trübes Wetter u. dgl. m. gehören. Die Schätzung wird aus diesen Ursachen gewöhnlich über das richtige Maass hinausgreifen. Noch schwieriger aber ist die Bestimmung des allgemeinen mittleren Neigungswinkels für einen längeren Kamm oder ein grösseres Gebirgsganzes. Dieses orometrische Element kann nur durch Rechnung ermittelt werden, worüber im folgenden Abschnitte das Nöthige erwähnt werden wird.

Im Ganzen ist der allgemeine Steilheitsgrad der Kammgehänge weit geringer, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. So wird das mittlere Gefälle der Gehänge im niederen Gebirge zwischen 10 und 15, im mittelhohen zwischen 15 nnd 20 und im höheren Gebirge zwischen 20 und 30 Grad liegen.

57. **Gliederung der Gebirge und Gliederungsformen.** Aus einer Zahl von Gebirgskämmen, wie wir sie eben beschrieben, setzt

sich das **Gebirge** zusammen, und man versteht unter der **Gliederung des Gebirges** die Art und Weise, wie in demselben die verschiedenen Theile äusserlich angeordnet und zu einem Ganzen verbunden sind.

Wenn wir nun dem Leser hier die verschiedenen Haupttypen der Gebirgsgliederung vorführen, so geschieht dies unter der Bemerkung, dass sie gleichsam nur als die Mittelpunkte grosser Abschnitte einer überlangen Reihe von in einander übergehenden Formen anzusehen sind, und dass es zuweilen schwer fallen wird, irgend ein gegebenes Gebirge in eine dieser Typen unterzubringen. Die Wichtigkeit dieser letzteren aber wird von geologischer Seite am Besten gewürdigt werden, weil sie Schlüsse auf jene Principien gestatten, die der Entstehung des Gebirges zum Grunde liegen. Diese Typen sind:

1. Die **lineare Gliederung** (Längengliederung), bei welcher mehrere Kämme in einer geraden oder etwas gekrümmten Linie neben einander liegen und durch kleine Intervalle geschieden sind.

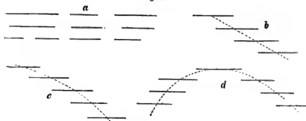
Fig. 38.

a *b* *c* *d*

Die übereinstimmende Richtung dieser Glieder *a, b, c, d* und vielleicht auch ihre übereinstimmende geognostische Beschaffenheit, erklären sie als zu einem und demselben System gehörig. Beispiele: Vihorlat in Ungarn, deutscher Jura u. a.

2. Die **parallele Gliederung**; sie findet dann statt, wenn die Glieder oder Theile des Gebirges einander parallel zur Seite liegen, was jedoch auf verschiedene Weise vorkommen kann, je nachdem nämlich die Hauptrichtung, nach der die Glieder ange-

Fig. 39.



ordnet sind, mit diesen selbst parallel läuft oder sie unter Winkeln schneidet und dabei gerade oder gekrümmt ist. — Die vorstehenden Holzschnitte illustriren vier solcher Fälle. Der Schweizer und

französische Jura, die nördlichen Kalkalpen, sowie die Bergreihen in Türkisch-Croatien, in der Herzegowina und in Bosnien sind hervorragende Beispiele der Form *a*; die in der Provence liegenden Theile der See-Alpen und die Gebirge Nord-Griechenlands u. a. gehören der Form *b* an; das sudetische Gebirge zwischen Oder und Elbe und die nordwestlichsten Theile der Karpathen (Gr.-Beskid, Jablunka-Gebirge, weisse und kleine Karpathen) sind nach der Form *c*; die Matra-Gruppe endlich sowie die des Schardagh u. a. sind nach der Form *d* angeordnet. Ueberhaupt ist es das Kalkgebirge, in welchem die parallele Gliederung vorherrscht, ohne jedoch demselben ausschliesslich eigen zu sein.

3. Die transversale Gliederung (Quergliederung) ist jene Gliederungsform, bei welcher an einem inneren, gewöhnlich auch durch grössere Höhe sich auszeichnenden Kamm eine Zahl anderer senkrecht von ihm ablaufender Glieder, wie die Rippen an das Rückgrat, angeheftet sind. Jenes innere, die Stelle des Rückgrates vertretende, Glied heisst der Hauptkamm, die anderen heissen die Nebenkämme oder Seitenkämme des Gebirges; die Punkte aber, an welchen die letzteren an den Hauptkamm sich anschliessen, werden Gebirgsknoten genannt. Es liegt in der Natur der Sache, dass der Anschluss zweier einander gegenüber liegender Seitenkämme an demselben Punkte des Hauptkammes erfolgt, wodurch das Gebirge das Ansehen gewinnt, als bestände es aus einem Systeme paralleler, von dem Hauptkamme gekreuzter Ketten, was jedenfalls eine unrichtige Vorstellung ist. — Die Transversalgliederung gehört zu den am häufigsten vorkommenden Gliederungsformen; sie wird in allen mächtigeren, insbesondere in den aus den Gesteinen der Urformation und aus plutonischen Eruptivmassen zusammengesetzten Gebirgen, wie z. B. in den centralen Alpen, in den Pyrenäen, im skandinavischen Gebirge, im Kaukasus, Himalaya, zuweilen aber auch in den Kalk- und Sandsteingebirgen (Lechthalergebirge und Waldkarpathen) angetroffen.

Fig. 40.



Es kann hier nebenher bemerkt werden, dass die culminirenden Gipfel eines Gebirges nicht allemal im Hauptkamme stehen; zuweilen werden sie von Nebenketten getragen, wenn auch jener im Ganzen der höhere ist und er die Neigungsverhältnisse des Gebirges beherrscht. So erhebt sich z. B. der Montblanc eigentlich

aus einer parallelen Nebenkette der grajischen Alpen, deren centrales Hauptglied vom Isérau gegen den grossen Set. Bernhard streicht und bei Courmayeur von der Dora Baltea durchbrochen ist. Ebenso stehen der Ortler, der Grossglockner und der Hoch-Alpenspitz, die culminirenden Gipfel ihrer bezüglichen Gruppen, der Pic de Nethou in den Pyrenäen, sowie der Elbrus, Dychtau und Kasbek im Kaukasus, ausserhalb des wasserscheidenden Hauptkammes.

4. Die diagonale oder divergente Gliederung ist der vorigen verwandt und findet dort statt, wo die Richtung der Nebenketten schief auf die des Hauptkammes fällt, oder wo sich dieser selbst in zwei oder mehrere äquivalente Zweige gabelförmig spaltet. Sie kommt im Kleinen häufig, im Grossen nur selten in deutlicher Ausbildung vor. Eines der schönsten Beispiele dieser Art liefert der südliche Ural, der sich bei Slatoust in drei fast gleich hohe Kämme: das Ilmengebirge, die Irendykkette und den eigentlichen Ural theilt. Andere grössere Diagonalgliederungen sind: die des Rhodope-Gebirges zuerst am Rilo-Dagh und dann ein zweites Mal am Kruschowaberge, die der nordgriechischen Gebirge am Vulgaraberge, die der Abruzzen am Monte Vettore, des römischen Apennin am Monte Catria u. a. m.

5. Die radiale Gliederung wird jene genannt, bei welcher mindestens 5 Gebirgskämme aus einem Punkte, d. h. aus einem einzigen Berge, oder auch aus einem gemeinschaftlichen grösseren Kerne strahlenförmig auslaufen. Das Gebirge der Auvergne am Plomb de Cantal mit 13, das Vogelsgebirge mit 12, der südliche Theil des Schwarzwaldes mit 7—8, die penninischen Alpen am Monte Rosa mit 8, die Oetzthaler Alpen an der Weisskugel mit 12 Fächerketten zeigen die radiale Gliederung in ausgezeichneter Ausbildung. Vulcanische Gebirge und krystallinische Centralmassen sind am meisten geneigt, diese Gliederungsform anzunehmen.

Die Vereinigungsstelle aller dieser radial angeordneten Kämme nennen wir den Radialknoten, der von einem gewöhnlichen Gebirgsknoten wol leicht zu unterscheiden ist.

6. Die stockförmige Gliederung endlich ist diejenige, bei welcher der Gebirgskörper in eine Zahl entweder linear angeordneter oder gruppenweise neben einander liegender, meist kurzer, unter sich nur schwach verbundener Massen zersprengt erscheint. Das Gebirge bietet hier den Anblick einer lockeren Zusammen-

stellung einzelner Berge, die durch tiefe Thäler oder Spalten gänzlich getrennt oder durch tief liegende Sättel nur undeutlich verbunden sind, und zwischen denen die Thäler nach allen Richtungen hindurch schwärmen. Immer aber springt die Zusammengehörigkeit aller dieser Stöcke theils durch ihre Nebenstellung, theils durch ihre geognostische Identität klar hervor.

Wieder sind es die Kalkgebirge so wie auch jüngere Eruptivmassen, bei welchen die stockförmige Gliederung am häufigsten (wenn nicht ausschliesslich) anzutreffen ist. Was die letzteren anbelangt, so tritt sie bei den Basalt-, Trachyt- und Phonolyth-Durchbrüchen im nördlichen Böhmen, in Nord-Ungarn und Siebenbürgen, in der Auvergne, in Süd-Italien u. s. w. auf. Mächtiger aber ist ihre Ausbildung in den Kalkgebirgen, und insbesondere sind es die Alpen, wo die stockförmige Gliederung mehrfach in typischer Vollkommenheit angetroffen wird. So beginnt z. B. der stockförmig gegliederte Theil der östlichen Nordalpen erst recht mit den Salzburger Alpen, die eigentlich ein grosser, von allen Nebengebirgen vollständig getrennter, selbst wieder aus drei bis vier isolirten Massen bestehender Kalkstock sind; hierauf folgen gegen Osten, in gruppenmässiger Nebenstellung, die Stöcke des Tännengebirges, des Dachstein, des Höllengebirges, des todten Gebirges, des Grimming, des Pyrgas, des Gr.-Buchstein, des Tamischbachthurms, der Vor-Alpe, des Dürnstein, des Oetscher, des Tonion, der Schnee-Alpe, der Rax-Alpe und des Schneeberges — fast durchaus kurze, kastenartig aufsteigende, oben meist zu Plateaux ausgebreitete, unter sich theils ganz getrennte, theils nur schwach zusammenhängende Kalkmassen. Noch grossartiger, wenn auch räumlich weniger ausgedehnt, offenbart sich die Zersplitterung des Gebirges in den südtirolischen Dolomit-Alpen, wo mehrere dieser Stöcke bis zur absoluten Höhe von 10.500 F. sich aufthürmen und wegen der furchtbaren Schroffheit ihrer Abstürze oft nur schwer ersteiglich sind. In kaum geringerer Wildheit erscheint diese Gliederungsform ferner noch in den julischen Alpen, so wie in vielen Theilen des türkisch-griechischen Gebirges, namentlich in der Herzegovina, in Dalmatien, Albanien und Griechenland; in milderem Maasse ist sie aber auch in anderen Theilen der Alpen, im Jura, in den Pyrenäen und in den schottischen Hochlanden anzutreffen.

Im Allgemeinen kann noch bemerkt werden, dass in einem und demselben Gebirge nicht selten zwei oder mehrere der erwähnten Gliederungsformen vorkommen.

Bei Parallelgliedern werden diejenigen Glieder, welche einem inneren, durch Höhe oder geognostische Merkmale als Hauptkamm qualificirbaren Gliede mittel- oder unmittelbar zur Seite liegen, oft auch die Vorlagen und bei der Quergliederung die transversalen Nebenkämme auch die Widerlagen jenes Hauptkammes genannt.

58. **Unterscheidungen der Gebirge nach Höhe, Länge und Breite.** Wir kommen nun zu den Unterscheidungen der Gebirge nach ihren dreifachen Abmessungen: Höhe, Länge und Breite.

Die Gebirge sind bekanntlich sehr ungleich hoch. Wie bei den Gebirgskämmen wird auch bei ganzen Gebirgen die mittlere Kammhöhe der rationelle, durch Rechnung ermittelte Ausdruck der allgemeinen Erhebung sein. Aber der sinnliche Eindruck, den das Gebirge auf den Beschauer macht, wie nicht minder manche seiner physischen und politischen Belange, ist nicht lediglich von jenem abstracten Maasse seiner Höhe abhängig. Bei gleicher mittlerer Kammhöhe kann sich irgend ein Gebirge, von der Ferne angesehen, als ein sanft undulirter, d. h. fast allenthalben gleich hoher, Auge und Phantasie nur wenig ansprechender Wall darstellen, während die Kammlinie eines anderen Gebirges in raschen Sprüngen auf- und niedersetzt, neben hohen vielleicht in ihrem Eiskleide schimmernden Spitzen und Hörnern tief einschneidende Sattelkerben zeigt und durch seinen Farben- und Formenreichthum das äussere Auge erfreut und das innere zum Nachdenken nöthigt. Diese kurze Erwägung lehrt, dass für die Würdigung der Höhenverhältnisse eines Gebirges die Kenntniss der mittleren Kammhöhe allein nicht ausreicht und dass hierzu noch die Gipfel- und Sattelhöhe nothwendig ist. Gerade so wird die Einsicht in die klimatischen Verhältnisse eines Ortes dann erst eine vollständigere sein, wenn nebst dem Temperaturmittel des Jahres noch die Mittel der Sommer- und der Winterwärme vorliegen.

59. **Mittlere Gipfelhöhe, Sattelhöhe, Schartung.** Aus den bekannten Höhen aller Gipfel wird die mittlere Gipfel-, und aus der aller Sättel die mittlere Sattelhöhe durch Rechnung leicht gefunden. Die mittlere Schartung endlich ist der Unterschied zwischen der mittleren Gipfel-, und der mittleren Sattelhöhe, und dieses ebenfalls fictive Maass ist es, das uns eine richtige Vorstellung über den Grad der Geschlossenheit oder Zerrissenheit des bezüglichen Gebirges liefert. Auch über diese Dinge wird im zweiten Abschnitte umständlich die Rede sein.

Wie verschieden sich die Gebirge in dieser Beziehung verhalten können, zeigen z. B. nachfolgende Daten: die Oetzthaler Alpen in Tirol, dann die Brucker und Stainzer Alpen in Steiermark haben eine gleiche Schartung u. z. 680 W. F., aber die Kammhöhe steht bei jenen auf 9515, bei diesen nur auf 4585 F. Eben so ist die mittlere Schartung in den julischen und in den Sulzbacher Alpen bei Cilli gleichfalls nahezu dieselbe, 1150 und 1140 F. (also fast noch einmal so gross als bei den beiden früher genannten Gruppen) und doch beträgt die mittlere Kammhöhe bei den julischen Alpen nur 3900, bei den Sulzbacher Alpen 5245 F. Anderntheils ist die mittlere Kammhöhe bei den Kitzbüchler Alpen 6485 und bei den Salzburger Alpen 6400 F., also nahezu gleich, während die Schartung dort nur auf 710, hier aber auf 1200 F. steht. Bei etwas eingänglicher Untersuchung dieser Zahlen lässt sich erkennen, wie entscheidend der Einfluss des Gebirgsmaterials so wie der Gliederungsform auf diese orometrischen Werthe ist und dass dieser Einfluss demnach ziffermässig nachgewiesen werden kann.

60. **Eintheilung der Gebirge nach ihrer Höhe.** Auf Grund der mittleren Kammhöhe hat man eine Eintheilung der Gebirge auf folgende Art vorgenommen; man nennt nämlich die Gebirge:

1. Niedergebirge, bei einer Mittelhöhe bis zu 2000 F.
2. Mittelgebirge, bei einer Mittelhöhe zwischen 2000 und 4000 F.
3. Alpengebirge, bei einer Mittelhöhe zwischen 4000 und 6000 F. und
4. Hochgebirge, bei einer Mittelhöhe über 6000 F.

Diese Zahlen dürfen jedoch nicht mit pedantischer Strenge festgehalten werden. So wird z. B. ein Mittelgebirge diese Qualification nicht verlieren, wenn sich auch hie und da einzelne seiner Kämme über 4000 F. Mittelhöhe erheben, oder wenn andere unter die Höhe von 2000 F. herabsinken.

Oben wurde bereits nachgewiesen, dass von der absoluten Höhe eines Gebirgskammes in den meisten Fällen auch seine Configuration im Quer- und Längenprofil abhängt. Es werden sich demnach die verschiedenen, nach Höhenstufen classificirten Gebirge in vielen Beziehungen wesentlich von einander unterscheiden und es wird in diesen Unterschieden eine weitere Berechtigung für die

oben gegebene Eintheilung der Gebirge nach ihrer Höhe gefunden werden.

61. **Charakteristik des Niedergebirges.** Immer muss bei der oben angegebenen Höhe des Niedergebirges von 2000 F. angenommen werden, es sei dasselbe einer Tiefebene oder einer niedrigen Hochebene aufgesetzt, da es sonst zu einem blossen Hügellande herabsinkt, von welchem hier nicht die Rede ist. Viele Theile des französischen und deutschen Mittelgebirges: die Gebirge des Charollais und Beaujolais, die Côtes d'or, das Plateau von Langres, der Hochwald und Hundsrück, die Ardennen, Argonnen und die Eifel, der Odenwald, Spessart, Taunus, Westerwald, das Sauerland, und die hessischen Berge, der fränkische Jura und Frankenwald, der Eichwald, das Wesergebirge, das Voigtland, und die meisten der im Innern des böhmischen Kessels liegenden Gebirge, das Tarnowitzer Plateau und die Lyssa gora, ferner das sogenannte österreichische Hügelland, das steirische Hügelland, der Bakonyer Wald, das Pilis- und Vértes-Gebirge, die kroatischen und slavonischen Berge, erstere nördlich der Kulpa u. a. m., gehören dem Niedergebirge an.

Der allgemeine plastische Charakter des Niedergebirges ist vorherrschend der der sanften Wellenformen, welcher nur im Kalk- und Sandsteinterrain oft ziemlich namhafte Ausnahmen erleidet. Die Kämme bilden im Längendurchschnitte langgestreckte Bogenlinien, mit breiten, flachen Kuppen und Sätteln. Die Querprofile zeigen sanfte Gehänge mit entschiedenem Vorherrschen der Rampen- und Terrassenformen. Felsige Stellen sind im Allgemeinen selten und kommen häufiger wieder nur im Kalk- und Sandsteingebirge vor, wo dann der Abfallswinkel der Gehänge auch oft das oben verzeichnete Maass von 10—15 Grad übersteigt. Die herrschende Gliederung ist die transversale, nur in altvulkanischen Gegenden kommt auch die stockförmige und im Kalkterrain die parallele vor. Die Thäler bilden in der Regel wenig tiefe, breite, schwach geneigte und sanftrandige Mulden, in welchen die Flüsse häufig mehr oder minder tiefe Rinnsale ausgenagt haben.

Im Niedergebirge ist im Allgemeinen der Widerstreit der Naturkräfte gering: der den Boden fast überall verhüllenden Humus- und Pflanzendecke wegen ist die Thätigkeit der Verwitterung auf ein bescheidenes Maass reducirt; bei der Sanftheit der Gehänge ist die Schwere, sowol in ihren erodirenden Einflüssen an sich, als auch in der von ihr bedingten Fallthätigkeit des fliessenden

Wassers nicht minder beschränkt, und auch das Klima weist, bei den geringen Höhendifferenzen, keine besonderen, den Betrieb der Landwirthschaft wesentlich beschränkenden oder modificirenden Unterschiede auf. Der Mensch hat sich hier überall die Natur unterworfen, wesshalb das Land allenthalben, auf den Plateaux, Terrassen und Gehängen, cultivirt, mit Ortschaften und einzelnen Gehöften bedeckt und von Communicationen jeder Art überzogen ist.

62. **Charakteristik des Mittelgebirges.** Bei dem Mittel-Gebirge ist die absolute und relative Höhe der Kämme grösser; die Thäler sind tiefer, die Gehänge steiler, und desshalb auch alle auf die Zerstörung des Gebirges abzielenden Kräfte der Natur intensiver als im Niedergebirge. Hieraus geht die grössere Abwechslung in den Formen der Kämme, Gehänge und Thäler hervor. Die Gipfel, obwol gewöhnlich noch breit und rundlich und nicht selten sogar noch plateauartig abgeflacht, steigen dennoch in höheren, schärfer markirten Bögen auf und nicht selten mengt sich sogar eine spitzige oder schroffe Form in die Umrisslinie des Kammes. Die Entblössungen des inneren Felsgerüstes der Berge werden häufiger, die Kämme sind auf der Höhe oft mit Trümmern bedeckt, und hie und da zeigen sich felsige Grate, schroffe Wände, Abstürze und Sturzhalden. Die Einschnitte in die Gehänge werden tiefer, und diese selbst nicht bloss steiler, sondern auch ungleichförmiger in den Graden ihrer Steilheit; noch charakteristischer aber ist das Herabweichen der Terrassen von den Höhen, wo sie gewöhnlich im Niedergebirge vorkommen, auf den unteren Theil der Gehänge (etwa wie in Fig. 35). Auch die Thäler sind jetzt tiefer und enger, bei gelegentlicher grösserer Steilheit der untersten Partien des Gehänges selbst schluchtartig, und an breiteren Stellen nicht selten durch Schuttkegel verunstaltet. Noch wichtiger als beim Niedergebirge ist für die Formen des Mittelgebirges das geognostische Material der Kämme. So zeigt z. B. der Böhmerwald, der aus Granit und Gneiss besteht, schmale mit gewaltigen Blöcken übersäete Felskämme neben breiten moorigen Hochflächen, beide oft mit steilen Wänden und Abgründen zu tiefen, felsigen, sumpfigen und menschenleeren Thälern sich absenkend. Aehnliche wilde und groteske Formen bieten der Harz und das Riesengebirge, welche theilweise derselben geognostischen Bildung angehören wie der Böhmerwald. Nicht minder rauh sind manche Kalk- und Sandsteingebirge von der in Rede stehenden Höhenentwicklung, wofür die Berge westlich von Wiener-Neustadt (die lange Wand, dürre Wand,

der Unterberg, der Oeller, Gippel, die Reis-Alpe u. a.) als Belege dienen können.

Die Gliederungsform des Mittelgebirges kann jede der oben angegebenen sein. Wegen der oft schon bedeutenden Höhe der Kämme und Steilheit ihrer oberen Gehänge sind die höheren Theile des Mittelgebirges nicht mehr leicht bewohnbar. Sie sind deshalb häufig mit Wald bedeckt, oder sie werden als Weideland benützt. Ragen doch einzelne Gipfel und Kammtheile sogar schon in die aus örtlichen Gründen oft stark deprimirte Alpenregion auf, wie dies z. B. bei der Schneekoppe (5015 F.) und im Altvatergebirge der Fall ist. Erst die unteren Terrassen und Kammgehänge sind der Bodencultur zugänglich, und bieten geeignete Orte für menschliche Ansiedlungen dar. Die Communicationen im Mittelgebirge sind ebenfalls weit seltener als im Niedergebirge, und wenn die Pässe sich auch nicht durch grosse absolute Höhe auszeichnen, so ist hier im Allgemeinen das Bedürfniss nach solchen Verbindungen doch geringer und die Herstellung und Erhaltung der Strassen weit kostspieliger.

Zu den Mittelgebirgen zählen in Europa, u. z. in der pyrenäischen Halbinsel: das galizische Bergland, die Idubeda-Kette, das nord- und südvalencianische Gebirge grösstentheils, die centralen Plateaux von Soria, Sigüenza, Guadalajara, Cuença und Requena, die Sierra de Antequera und Ronda, die Gebirge von Estremadura, Guadalupe, Montanches und Ossa, die Sierra Morena mit ihrer westlichen Fortsetzung bis zum Cabo de São Vicente, so wie viele der südlichen Vorlagen der eigentlichen Pyrenäen. In Frankreich: die Cevennen, das Lyonais-, Vélais-, Forez- und Margéride-Gebirge, das Plateau der Auvergne, die Mont Dore-Gruppe, das Plateau de Mille Vaches, das Limousin-Gebirge, die Vogesen, der Jura, die meisten Kalkvorlagen der Westalpen, d. h. Theile der savoyischen Kalkalpen, die Berge des provençalischen Marquisates, die Montagnes des Maures und das Estérel-Gebirge. In Mitteleuropa: der Schwarzwald, die rauhe Alb, der Thüringerwald, der Harz, der Böhmerwald, das Erzgebirge, der grösste Theil des sudetischen Systems; von den Alpen grosse Theile der nördlichen und südlichen Kalkalpen in Ober- und Nieder-Oesterreich, in Südsteiermark, in Kärnthen, Krain und in der Lombardie; von den Karpathen der grösste Theil, mit Ausnahme der Tatra, der Liptauer Alpen, der Marmaroser Gebirge und der transsylvanischen Alpen. In Italien: ebenfalls der grösste Theil des Apennin, mit Ausschluss der ligurischen Alpen, von Theilen des toskanischen

Apennin, der apuanischen Alpen und der Abruzzen. In der türkisch-griechischen Halbinsel nicht minder der grösste Theil des Berglandes, ausgenommen die Crnagora, der Schardagh, einige Theile von Hellas und Morea, die Olympkette, der Rilo und Perindagh. In Russland das taurische Gebirge und der Ural; in Grossbritannien alles Gebirge in Wales, Nord-England und Schottland, und in Skandinavien endlich das lappländische Gebirge.

63. **Charakteristik des Alpengebirges.** Die Höhe des Alpengebirges liegt nach Obigem zwischen 4000 und 6000, demnach im Mittel in 5000 F. absoluter Höhe. Doch wird es dem Charakter dieser Classe von Gebirgen keinen Eintrag thun, wenn sie in einzelnen Theilen niedriger als 4000, in anderen höher als 6000 F. sind und dabei einzelne ihrer Gipfel eine Elevation von 7000 F. und selbst die Grenze des ewigen Schnees erreichen.

Abgesehen von der angegebenen Höhe versteht man unter dem Worte Alpengebirge überhaupt auch noch jenes Gebirge, das sich, ohne noch in die Kategorie der eigentlichen Hochgebirge zu fallen, über die Grenze der kontinuirlichen Baumvegetation, d. h. in jene Höhenzone erhebt, in der nur mehr Gras und Alpenkräuter gedeihen, und die daher zur Sommerzeit als Weidegrund und zur Sennwirthschaft mit Vortheil benützt werden kann. Da nun in unseren Breiten der Waldwuchs in compacten Beständen, mit 5000 bis 6000 F. absoluter Höhe sein Ende findet, so ist damit auch für Gebirge von dieser Höhe der Name Alpengebirge oder Alpenland gerechtfertigt.

Im Alpensysteme fällt die Höhe der Kalkalpen, d. h. sowol der nördlichen als südlichen Kalkvorlagen der centralen Alpen, grösstentheils mit der für das Alpengebirge festgesetzten Höhe zusammen, und von daher kommt es, dass die plastischen Formen dieser Kalkgebirge als Attribute des Alpengebirges überhaupt angenommen worden sind, wie dies z. B. aus den Zeichenvorlagen des k. k. milit. geographischen Institutes, die als „Alpengebirge" überschrieben sind, deutlich zu entnehmen ist. Jene Annahme ist jedoch nach meinem Dafürhalten irrig, denn erstens ist das erwähnte Zusammenfallen (der für das Alpengebirge statuirten Höhe mit der Höhe sehr vieler Kalkgebirge) nicht so ganz allgemein, während doch die Formverhältnisse dieselben sind; so gehören z. B. die Rauhe Alb, Theile des Jura, das Bergland von Idria zu den Mittelgebirgen, hingegen die Berner Alpen von der Jungfrau angefangen westlich, Theile von Montenegro, der griechischen Gebirge und der Abruzzen,

wie nicht minder sehr ansehnliche und zum Theil mit ewigem Schnee bedeckte Regionen der nördlichen und südlichen Kalkalpen, dem Hochgebirge an, und zweitens gibt es gerade nicht wenige Alpengebirge, die nicht aus Kalk bestehen, und daher oft nichts weniger als die plastischen Merkmale der Kalkgebirge an sich tragen, wie z. B. der grösste Theil der aus Gneiss und kristallinischen Schiefern zusammengesetzten steirischen Central-Alpen, die meist aus Urthouschiefer gebildeten Kitzbüchler Alpen, die aus Porphyr bestehenden Sarnthaler Alpen u. a. Gebirge Süd-Tirols. Es ist demnach unrichtig die plastischen Eigenthümlichkeiten der Kalkalpen auf das Alpengebirge (als orographischer Höhenbegriff aufgefasst) allgemein übertragen zu wollen.

Der, nach Obigem als irrig gerügtem Vorgange, für typisch erklärte Charakter des Alpengebirges scheint speciell von den grossen Kalkstöcken abgeleitet, die im Systeme der Alpen so häufig vorkommen und von denen bei der stockförmigen Gliederung der Gebirge bereits umständlich die Rede war. Es sind das oft riesige, auf allen Seiten schroff aus dem tieferen Lande aufsteigende, oben zu breiten, welligen oder hügeligen Plateaux ausgestreckte Massen, deren Oberflächen nach einer oder nach zwei Richtungen sanft abfallen und daher eine Art Kammbildung nicht ausschliessen. Die Plateaux sind mit Felstrümmern bedeckt und häufig auch karstartig gestaltet, d. h. von einer Zahl grösserer und kleinerer Löcher oder kurzer geschlossener Thäler, mit bankartigen zerbröckelnden Kalkhügeln dazwischen, und zuweilen auch mit breiten offenen Grasebenen bedeckt. Hochflächen dieser Art zeigt die Rax-Alpe, Schnee-Alpe, die Hochschwabgruppe, das todte Gebirge, der Dachstein, das Tännengebirge, das steinerne Meer, der Caninkofel, die Gebirge des

Fig 41.



Querprofile.

Wocheiner Kessels u. a. m. Die obenstehende Fig. 41 *a* zeigt einen solchen Kalkstock ohne, und *b* einen anderen mit Kammbildung. Auch die absolute Höhe solcher Kalkmassen ist nicht unbedeutend: so haben z. B. die Plateaux des Hochschwab, des todten und des Tännengebirges 5000—6000, das steinerne Meer über 6000 und die Hochfläche des Caninkofels über 7000 F. absolute Höhe.

Andere Alpengebirge, selbst solche, die aus Kalk bestehen, stellen sich in Form hoher Gneisskämme (Fig. 28) dar. Nur ist im Kalkgebirge alles viel wilder, zerrissener, die Gehänge schroffer, die Seitenrunse in tiefe Schlünde und die Thäler oft bis zu ihren ersten Anfängen zu wilden, grausigen Abgründen ausgenagt. — Bei stockförmiger Gliederung ist das Netz der Thäler verworren; Längenthäler und querliegende Durchbrüche bis zu grossen Tiefen sind häufig. Im Schiefergebirge sind die Gefälle gemildert und die Hochterrassen mit üppigen Alpenmatten überkleidet. Hier, wie auch hie und da im Kalkgebirge, ist die transversale Gliederung vorherrschend und der Verlauf der Thäler in gewissem Sinne regelmässig.

Noch mehr als im Mittelgebirge ist hier die Bevölkerung in den Thälern, auf den untersten Theilen der Berghänge und auf den früher erwähnten Bergterrassen versammelt. Die normale Verminderung der Luftwärme mit wachsender Höhe, die von den höheren Lagen des Gebirges herabfliessenden kalten Luftströme und die geringere Insolation verwehren den Bodenanbau in grösserer Entfernung vom Thalgrunde. Die Gebirgspässe sind hier noch viel seltener, die Sättel höher und bei stockförmiger Gliederung im Kalkterrain die fahrbaren Communicationen auf die Durchbruchsstellen beschränkt.

Die europäischen Alpengebirge sind: in der pyrenäischen Halbinsel: die Alpujarras, die Sierra sagra, Sierra de Guadarama, de Gredos, de Francia und d'Estrelha, das Gebirge der Peña Golosa bei Valencia, die östlichen und westlichen Theile der eigentlichen Pyrenäen, das cantabrisch-asturische und nord-portugiesische Gebirge (Sierra de Montezinho, de Mamed u. a.). Im Alpenlande: die savoyischen Kalkalpen, grosse Theile der Gebirge des Chablais und von Faucigny, die Freiburger, Emmenthaler, Schwyzer und St. Gallner Alpen und überhaupt der grösste Theil der nördlichen und südlichen Alpen, mit Ausnahme jener äusseren Regionen, die bereits zum Mittelgebirge und jener höheren Parthien, die zum Hochgebirge gehören, so wie die gesammten steirischen Central-Alpen. Vom Apennin: die ligurischen und apuanischen Alpen, Theile des toscanischen Apennin und die Abruzzen; in der türkisch-griechischen Halbinsel: die Crnagora, der Schardagh, der Pindus, die höheren Gebirgstheile in Hellas und Morea, im Rhodope- und Witosch-Gebirge und im Perindagh. In Skandinavien endlich der centrale Theil des gln. Systems: Dovre, Langfjeld und Hardanger-Vidden etc.

64. **Charakteristik des Hochgebirges.** Unter Hochgebirgen versteht man jene grösseren Erhebungen der Erdrinde, deren mitt-

lere Höhe 6000 F. übersteigt, und wo daher schon (in unseren Breiten) viele Gipfel und Kammtheile in die Region des ewigen Schnees und Eises emporragen.

Dieses letztere Merkmal ist jedoch nur, wie gesagt, für unsere geographischen Breiten giltig, da die Schneegrenze in anderen Gegenden der Erde und selbst bei gleicher Breite sehr verschiedene Höhen einhält. So liegt, vorläufig bemerkt, diese Grenze im Himalaya zwischen 12000 und 16000, in Peru nahe bei 15000, im Kaukasus 10200, in den Alpen zwischen 8200 und 9000, am Snähättan in Norwegen 5040, in Island 2900, in Spitzbergen circa 1000 F. über Meer. Der Begriff des Hochgebirges wird daher hauptsächlich nach dem Argumente der absoluten Höhe zu bestimmen sein, wornach schon bei dem Minimum der angegebenen Mittelhöhe von 6000 F. eine grosse Zahl von Gipfeln und Kämmen die Seehöhe von 8000 F. erreichen und überschreiten wird.

Ich habe an einem anderen Orte den Eindruck, den der erste Anblick des Hochgebirges auf den für die Schönheit und Grossartigkeit der Natur empfänglichen Beschauer hervorbringen mag, mit Worten darzustellen versucht*). Wie hat er sie da angestaunt die gewaltige Erscheinung in allen Stadien ihrer mit jedem Schritte wachsenden Grösse: erst die hohen, aus blauer Ferne unklar herüberschauenden Schneedome des inneren Gebirges, dann die riesigen Bergmassen mit ihren labyrinthisch durch einander laufenden Linien, die fort und fort steigende Kühnheit und Mannigfaltigkeit der Bergformen; nachher beim Eintritt in das Gebirge selbst, zunächst die lange Riesengallerie des Hauptthales, dann die prallen Thalhänge mit ihren Felsenzinnen, die sturzdrohenden Bergwände mit ihren brausenden Wasserfällen, die hohlen Gassen der Seitenthäler mit ihren trotzig daher blickenden wilden Hörnern und Trümmerhalden, endlich, wo sich ein grösseres Seitenthal öffnet, die Giganten des inneren Gebirges mit den weiten blitzenden Schneemänteln auf den Schultern und den Diademen aus ewigem Eise auf den stolzen Stirnen. Aber alle diese, auf den ersten Anblick sinnverwirrende, Verstand und Phantasie in gleich hohem Grade fesselnde Pracht und Erhabenheit des Hochgebirges hat seinen Geist auf die Bahnen des Denkens und Vergleichens geführt und er hat nach und nach eingesehen, dass nicht nur die Naturkräfte hier in einer, nach Art und Intensität ganz anderen Weise thätig

*) „Oesterreichische Revue", 1864.

waren als draussen in der Ebene, sondern auch dass dieses Gebirge, mit seinen ungeheuern Bergwällen, Thalschlünden, Fels- und Eiswüsten, das Leben der Menschen unter ganz andere Bedingungen stellen, andere Sitten, Gebräuche, Religionsanschauungen, gesellschaftliche und staatliche Formen erzeugen müsse als die Hügel und Berge des tieferen Landes, und dass, in letzter Folge, diese mächtige Erhebungsmasse mit allen ihren trennenden Momenten einen Abschnitt darstelle für unzählige Bezüge in Natur und Menschenwerk, in Klima, Production, Verkehr und Handel, Politik und Krieg.

Aus den Ausführungen über das Mittel- und Alpengebirge war bereits zu entnehmen, dass das Gebirge, von den Tief- und Flachländern, die es einschliessen hinweg, sich nicht plötzlich zum Hochgebirge erhebt, sondern dass es auf beiden Seiten von einem mehr oder minder breiten Streifen niedrigerer Gebirge umgeben ist. Meist sind es grosse Längenthäler, die das innere Hochgebirge von dem äusseren Alpen- und Mittelgebirge trennen, wenn dies auch nicht überall mit Deutlichkeit hervortritt und hie und da breite Lücken vorkommen, durch welche sich die allmälig abfallenden Nebenketten des inneren Hauptkammes weiter gegen das Tiefland vorschieben. So entbehren z. B. die Westalpen auf ihrer östlichen und die penninischen Alpen auf ihrer südlichen Seite jedes vorgelagerten, ihren Abfall zum Tieflande vermittelnden Zwischengliedes.

Da das Hochgebirge vorherrschend aus den Gesteinen der Urformation und aus Eruptivmassen besteht, so ist es in der Regel transversal gegliedert, obwol im Grossen auch die parallele Gliederung dort auftritt, wo der krystallinische Kern des Gebirges breit genug war, um durch weit fortsetzende Längenspalten in zwei oder mehrere parallele Massen zerrissen zu werden, wie dies bei den Alpen, beim Himalaya, bei den Rocky Mountains u. a. geschehen. Doch sind auch in diesen Fällen die Parallelkämme transversal gegliedert. Die Kämme sind gewöhnlich als scharfe schneidige Grate ausgebildet und zeigen die oben für das höhere Gebirge angegebene Profilform in ihrer ganzen Reinheit. Die Gipfel erheben sich oft in hohen, prachtvollen Gestalten; schlanke, nadelförmig zugespitzte Hörner wechseln mit stumpferen Spitzen, schroffen Thürmen und breiten Glockenformen. Die Schartung ist dennoch im Allgemeinen gering, desshalb die Kämme hoch und geschlossen und der Fluss der Contourlinien ruhiger und man möchte sagen besonnener als im Kalkgebirge. Wo aber dieses auf das Niveau des Hoch-

gebirges sich erhebt, wie z. B. in vielen Theilen der nördlichen und südlichen Kalkalpen, insbesondere der südtirolischen Dolomit-Alpen, da erreicht die Wildheit aller Formen ihr Maximum; da ist keine Gipfelgestalt zu kühn und zu bizarr, keine Kammlinie zu schneidig, zerrissen und sägeartig, kein Gehänge zu schroff und stachlig, kein Thalschlund zu tief und abgründig, um nicht hier reichlich vertreten zu sein. Aus diesem Grunde ist der malerische Effect der Kalkalpen in der Regel weit grösser als der des krystallinischen Hochgebirges, welches dafür durch die Ruhe, Breite und Massenhaftigkeit seiner Formen imponirt.

Bei der eben erwähnten, grossen körperlichen Ausdehnung der oft zu so bedeutenden Höhen emporgehobenen Massen des Urgebirges, verdichten sich diese besonders an Knotenpunkten nicht selten zu breiten Stöcken und ausgedehnten plateau-artigen Hochflächen, welche, wenn sie eine gewisse Höhe überschreiten, die, nicht selten viele Quadratmeilen messenden Schneefelder tragen, aus denen jene prächtigen Eisströme stammen, die als Gletscher in alle benachbarten Thäler, Mulden und Runse hinabwachsen. Sind diese Gletscher klein, dann hängen sie gleich blauen zersprungenen Glasflüssen hoch oben auf den Bergkämmen; sind sie gross, dann erreichen sie den Thalboden, den sie in der Gestalt gefrorner Flüsse oft meilenweit bedecken und durch die Grösse und Fremdartigkeit ihrer Erscheinung zu den fesselndsten Objecten der Hochgebirgsnatur gehören. — Unterhalb des Schnees und Eises oder wo diese fehlen, etwa von 8500 F. an aufwärts, bestehen die Kämme und Gehänge aus kahlem Fels, der auch tiefer noch häufig vorkommt und stellenweise jene riesigen Sturzkegel und Sturzhalden bildet, die besonders im Granit- und Gneissterrain, wegen der Grösse und der in wildester Unordnung über einander gelagerten Felstrümmer, für den menschlichen Fuss oft ganz unüberschreitbar sind. — Die terrassenartige obere Ausbreitung des Profils (Fig. 28 und 29 *a*, *b*) ist in den Alpen unterhalb jener 8500 F. vom Alpenlande (im engeren Sinne) eingenommen, das sich in stark undulirten, oft in querer Richtung rückenförmig gewölbten, von den Seitenthälern tief durchschnittenen und thalabwärts geneigten Flächen ausbreitet. Hierauf folgt, etwa von 6000—6500 F. an abwärts, die Region des Waldes, der nun, in dichten Beständen, den Gebirgskörper wie ein dunkles Band umgibt, besonders die steileren und felsigeren Gehänge bedeckt, jedoch oben wie unten, je nach der Exposition der Bergwände gegen Sonne und herrschenden Wind

und je nach gelegentlicher Ausrodung, in zackige, unsichere Grenzen eingeschlossen ist. Die untersten Theile der Gehänge gehen theils in Bergterrassen über, theils verbinden sie sich ohne diese mit den Thalflächen und sind in beiden Fällen von der Cultur in Besitz genommen, die sie mit allen landesüblichen Apparaten menschlichen Daseins ausgestattet hat.

65. **Höhenregionen des Gebirges.** Aus diesem Bilde ergibt sich von selbst die Eintheilung des Gebirges in vier Höhenregionen, u. zw. 1. in die Region des ewigen Schnees und der unwirthlichen Felsen oberhalb 8500 F. absoluter Höhe; 2. in die Region der Alpenweiden zwischen 8500 und 6000 F.; 3. in die Waldregion oder die Region des hochstämmigen Baumwuchses und 4. in die Basisregion. Für die zwei letzten Regionen können keine bestimmten Höhengrenzen angegeben werden, da diese, je nach der Höhe der bewohnten Thäler und der localen Elevation oder Depression der Vegetationsgrenzen, innerhalb weiter Grenzen auf- und niederschwankt. Da aber auch die Grenzen zwischen der ersten und zweiten, und noch mehr zwischen der zweiten und dritten Region unsicher sind, so kann der Werth dieser, auch sonst ziemlich zwecklosen Eintheilung kein anderer als ein problematischer sein.

Bei der übergrossen Ausdehnung des dem Feldbau unzugänglichen Bodens ist die Bevölkerung aller Hochgebirgsländer an Zahl relativ gering. Bewohnt sind nur die Haupt- und grösseren Seitenthäler, wo die Ortschaften in schmalen Streifen hintereinander liegen. Die Viehzucht ist die vornehmlichste Nahrungsquelle der Einwohner. Die Zahl der Verbindungen ist verhältnissmässig noch geringer als im Alpengebirge; die Pässe sind schwieriger, nicht selten sogar gefährlich und meist auch schon so hoch, dass (in den Alpen) der Uebergang von einem Thale zum anderen gewöhnlich einen vollen Tag in Anspruch nimmt.

Die Hochgebirge Europa's sind folgende: in der pyrenäischen Halbinsel: die Sierra Nevada und die centralen Pyrenäen; im Alpenlande: der grösste Theil der West- und Mittelalpen und von den Ostalpen: die Oetzthaler, Stubayer und Zillerthaler Alpen, die Hohen Tauern, die westlichen und inneren Theile der tirolischen Kalkalpen, Theile der südtirolischen Dolomit- und der carnischen Alpen; in den Karpathen: die Tatra und die Fogarascher Alpen. In Italien: die Gruppe des Gran Sasso d'Italia und das Majella-Gebirge; in der türkisch-griechischen Halbinsel: die Komkette

und der Olymp und in Skandinavien: die Jötunfjelden und Justedalsbräen.

In anderen Welttheilen gehören zu den wichtigsten Hochgebirgen: der Himalaya, Mustagh (Korákoram), Küenlün und Kulkun, der Bolortagh, Thian-schan und Asferahdagh, Theile des Altai, der Jünling und Nanling, die Alburs-Kette, das kurdische und armenische Gebirge sowie der Taurus und Libanon theilweise; — das habessinische Gebirge, der marokkanische Atlas, das Camerunsgebirge und die Gruppen des Kilima-Nscharo und Kenia; die Cordilleren in Süd- und Nord-Amerika, die Sierra Nevada de Sta. Martha und das Cascadengebirge; endlich die Alpen in Neu-Seeland.

66. **Eintheilung der Gebirge nach den Verhältnissen von Länge und Breite.** Sehen wir bei den Gebirgen von ihrer Höhe gänzlich ab, und fassen wir nur ihre horizontalen Abmessungen ins Auge, so unterscheiden wir Massen- und Kettengebirge.

Massengebirge werden jene Erhebungen genannt, deren Breite verhältnissmässig nur wenig von ihrer Länge übertroffen wird, während bei den Kettengebirgen die Ausdehnung nach der Länge entschieden vorherrscht.

Durch diese Definitionen werden die Grundformen festgestellt; aber in der Natur gehen beide Typen in einander über, so dass in einem gegebenen Falle die Classification nicht immer leicht ist. So sind bei dem Vogelsberge in Hessen und beim Fichtelgebirge Länge und Breite einander gleich; beim Schwarzwalde hingegen wird die Breite von der Länge anderthalbmal, bei dem Gebirge der Auvergne etwa zweimal, beim Erzgebirge dreimal und beim skandinavischen Gebirge fünfmal übertroffen. Ebenso schwierig wird die Unterscheidung dort, wo das Gebirge zwar eine mehr oder minder bedeutende Länge gewinnt, die Breite aber im Verhältnisse mit anderen Erhebungen ebenfalls ein ungewöhnliches Maass erreicht, wie z. B. bei den südamerikanischen Cordilleren, welche, über 1000 Meilen lang, selbst an ihrer engsten Stelle in Chile über 20, in Bolivia über 80 Meilen breit sind. Da aber bei diesem Gebirge die Längendimension um so Vieles vorwiegt, so wird dasselbe dennoch als Kettengebirge zu qualificiren sein. Eine zweite Schwierigkeit erhebt sich ferner bei der Frage, ob ausgedehnte Tafelländer als Massengebirge betrachtet werden sollen. Nach der oben gegebenen Erklärung des Gebirges im Allgemeinen, so gut wie nach dem gewöhnlichen Sinne dieses Wortes, kann ein Tafelland nicht wol als Gebirge angesehen werden; das Gebirge besteht aus

Bergen; beim Tafellande aber ist die Vorstellung einer flachen ungegliederten Erdmasse vorwiegend. So klingt es beinahe komisch, wenn man z. B. das 200000 Quadratmeilen umfassende Hochland von Süd-Afrika ein Massengebirge nennt. Dennoch hat sich der Gebrauch dahin entschieden, auch die Tafelländer sammt ihren umliegenden Terrassen als Massengebirge oder Gebirgsmassen zu betrachten.

Bei den Kettengebirgen oder Gebirgsketten wird daher die Länge um ein Vielfaches grösser sein müssen als die Breite, wenn auch diese an und für sich eine bedeutende ist und selbst die Länge der kleineren Massengebirge weitaus übertrifft. Kettengebirge können endlich auch den Massengebirgen aufgesetzt sein oder als Randgebirge derselben auftreten.

Zu den Massengebirgen zählen in Europa ausser den oben bereits genannten: die Cevennen, Vogesen und Ardennen, die Eifel, das Sauerland, der Westerwald und Taunus, die Rauhe Alb, der fränkische Jura und das iberische System. Schon ihres hohen Sockels wegen möchte ich auch die Alpen als Massengebirge bezeichnen. In Asien sind die Systeme des Himalaya, des Bolortagh und Hindukoh, sowie auch grosse Theile des Altai, des kurdischen Gebirges und des Taurus, in Afrika das habessinische und das Mandingo-Hochland u. a. m. als Massengebirge aufzufassen.

Das bedeutendste Kettengebirge unseres Welttheiles ist der Ural; andere Gebirge dieser Art sind: die Waldkarpathen, der Böhmerwald, Bayerwald und Thüringerwald, die Pyrenäen, die Idubeda-Kette, die Sierra de Guadarama, die Sierra Nevada, der toscanische und römische Apenuin u. s. w. Das längste Kettengebirge sind die südamerikanischen Cordilleren, auf welche die Rocky Mountains und das Cascadengebirge (beides Randgebirge des grossen nordamerikanischen Tafellandes) und der Thian-schan in Asien folgen.

67. **Hauptrichtungslinien des Gebirges.** Da es sich bei der Beschreibung eines jeden Gebirges auch um die Bestimmung seiner Richtung handelt, diese aber, je nach der plastischen oder geognostischen Organisation desselben verschieden aufgefasst werden kann, so hat schon Alexander von Humboldt nachfolgende Hauptrichtungslinien unterschieden:

1. Die longitudinale Axe des Gebirges, d. i. jene ideale Linie, welche die allgemeine Richtung der Erhebungsmasse repräsentirt. Sie hält sich weder an einzelne Kämme noch an einzelne

höhere Gipfelpunkte, sondern zeigt die mittlere Richtung an, nach welcher die hebenden Kräfte des Erdinnern im Horizonte neben einander lagen. So ist z. B. die longitudinale Axe der Mittel- und Ostalpen eine gerade Linie, die von Lyon nach Waitzen gezogen wird. Diese Linie geht zwar durch den Sct. Gotthard und Lukmanier, den Piz Linard und die Fender Wildspitze, den Brenner und Gross-Venediger, das Wiesbachhorn und den Hochgolling, lässt jedoch alle anderen höchsten Gipfel der genannten grossen Alpen-Abschnitte nördlich oder südlich neben sich liegen. Dennoch dürfte kaum eine andere Linie geführt werden können, welche besser wie diese das Gesammtmassiv der Alpen in zwei gleiche Theile zu theilen und die Richtung in der Aufeinanderfolge der grossen Hebungscentra des Systems anzuzeigen im Stande wäre. Ebenso lässt sich die longitudinale Axe der Westalpen vielleicht am richtigsten durch die Linie Martigny—Fréjus ausdrücken.

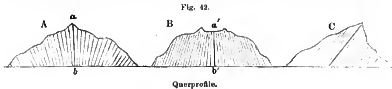
2. Die Kammlinie; sie entsteht aus der Verbindung aller auf einander folgenden Gipfelpunkte und ist die Linie des Maximums der Höhe. Von ihr ist oben in dem Absatze über das „Gebirge" bereits die Rede gewesen und es wurde dort die Lage und Bedeutung derselben wie mir scheint, noch etwas schärfer definirt. Sie ist eine krumme Linie und hat bei grösseren Gebirgssystemen, die aus mehreren Gebirgen bestehen, keinen besonderen Werth.

3. Die Streichungslinie der Schichten ist diejenige Linie, welche durch die Punkte im Horizonte bezeichnet wird, nach denen die Structurflächen des Gebirges zu laufen scheinen. Die Bestimmung dieser Linie ist nicht immer leicht. Bei grossen Centralmassen mit parallelem Schichtenbau, wo die Straten vertical oder hochaufgerichtet und dabei fächerförmig angeordnet sind, wird die Streichungslinie am besten durch die seiger stehende Schichte bezeichnet werden; wir haben diese Schichte die geognostische Axe der Centralmasse genannt*). Besteht jedoch das Gebirge nur aus einem System einseitig gehobener Schichten (Fig. 42 C), so wird die Streichungslinie am richtigsten durch jene Schichte bestimmt werden, die dem Kamme des Gebirges folgt. Bei der parallelen Lage der Straten möchte es hier scheinen, als ob es gleichgiltig wäre, nach welcher Schichte diese Bestimmung erfolgt. Sind die Schichten thatsächlich das ganze Gebirge hindurch parallel, so ist dies ganz richtig; da aber ein solcher Parallelismus in der

*) „Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern" von C. v. Sonklar, pag. 296.

Wirklichkeit nur selten besteht, so hat wol die Schichte am Kamme den meisten Anspruch, die Streichungslinie im Ganzen zu repräsen-

Fig. 42.



Querprofile.

tiren. In vielen anderen Fällen werden die Structurflächen den Kamm schief durchsetzen und dann ist es so ziemlich einerlei, nach welcher Schichte die Lage der Streichungslinie ausgemittelt wird.

4. Die **Linie der Wasserscheide** ist nur bei grösseren Gebirgssystemen von Bedeutung, da sie bei einzelnen Kämmen selbstverständlich mit der Kammlinie zusammenfällt, und kleinere Systeme von den Wasserscheiden sogar ganz ignorirt werden. Eine genaue Kenntniss der Wasserscheiden ist für die Construction der Flussgebiete von grosser Wichtigkeit, und hier ist es somit an der Zeit, in die Art der Coordination der zu einem Systeme verbundenen Gebirge etwas näher einzugehen. Vielleicht bei keinem der bedeutenderen Gebirgssysteme der Erde bildet der innere, die Wasserscheide tragende höchste Theil des Gebirges einen zusammenhängenden Kamm, sondern überall ist der centrale Kern in eine Zahl getrennter, oft nur lose und seitlich zusammenhängender Ketten aufgelöst, die entweder, sich gegenseitig übergreifend, einander parallel, oder selbst, mit völlig veränderter Richtung der Kammlinie, quer zur Seite liegen. Siehe das untenstehende Diagramm Fig. 43 a und Fig. 43 b. Die einzelnen Hauptglieder stehen dann

Fig. 43 a.

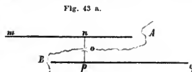
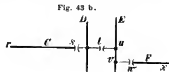


Fig. 43 b.



meistens durch niedrige Querglieder mit ungewöhnlich tiefen Sätteln unter sich in Verbindung. So bestehen z. B. die Pyrenäen (so weit sich dies aus den Karten erkennen lässt) aus 8, der Böhmerwald aus 6, das Altvatergebirge allein aus 4, die Alpen, Karpathen, der Himalaya, das kurdische System, der Taurus, der Kaukasus, die Anden, insbesondere die Rocky Mountains u. s. w. aus vielen

solchen einzelnen, längeren oder kürzeren Theilketten. Es versteht sich von selbst, dass, wenn hier vom inneren, die Wasserscheide tragenden Kerne des Gebirges die Rede ist, die überall zahlreichen und vieltheiligen äusseren sedimentären Vorlagen nicht gemeint sein können. Ich habe diese Verhältnisse des Alpensystems in einem vom „Auslande“ 1869 Nr. 1, 2, 3 und 4 publicirten Aufsatze: „Ueber die plastischen und hypsometrischen Verhältnisse der Ost-Alpen“ umständlich auseinandergesetzt und dort auch die Einwirkung dieser Gliederungsform auf die Wasserscheide zur Sprache gebracht. In dem obigen Diagramm, Fig. 43 a, wird demnach die Wasserscheide von *m* aus dem Kamme *A* nur bis *n* folgen, von hier über das niedrige Querglied mit dem Sattel *o* auf den Kamm *B* übergehen und sich sofort von *p* nach *q* bewegen. Auf ähnliche Weise wird sie in Fig. 43 b von *r* ausgehend und über den niedrigen Sattel *s* setzend, auf den Kamm *D* übergehen, diesem aber nicht weiter folgen, sondern über den Sattel *t* sogleich auf den Kamm *E* überspringen, auf welchem sie jedoch nur eine kurze Strecke weit von *u* bis *v* fortzieht, um dann über den Sattel *w* in den Kamm *F* einzufallen. Die Wasserscheide folgt in dem ersten Beispiele so wenig als im zweiten der Linie des Maximums der Höhe, sondern sie schmiegt sich gewissermassen den Zufälligkeiten der Gebirgsgliederung an. — Der in Fig. 43 a verzeichnete Fall kommt in den Alpen am Maloja-Passe, zwischen dem Tuxer und dem Zillerthaler Hauptkamme am Pfitscher-Joche, zwischen diesem und dem Tauern-Hauptkamme an der Birnlücke u. a. a. O.; — der in Fig. 43 b dargestellte Fall aber kommt in den lepontinischen Alpen zwischen der St. Gotthardskette und dem Splügen, in den Ostalpen zwischen dem Katschberge und dem Obdacher-Sattel mehrmal u. a. a. O. vor. Noch auffallender ist das Verhalten der Wasserscheide in den oberungarischen Karpathen. Nachdem sie, vom Westen kommend, über die Babagora, auf dem grossen Beskid, bis zu den Quellen der schwarzen Arva fortgezogen, fällt sie an der Zelesnica plötzlich von diesem Kamme ab, sinkt südlich auf den sumpfigen, nur 1800 Fuss hohen, eine breite Hochebene darstellenden Sattel bei Pekelnik (westlich von Neumarkt) herab, um bald darauf am Volovetz den Kamm der hohen Tatra zu erreichen. Doch nicht genug! Nachdem sie diesem Kamme bis zur Wissoka-hora an der Quelle des Poprad gefolgt, stürzt sie, ohne noch die Lomnitzer- und Eisthalerspitze, die beiden höchsten Gipfelpunkte desselben Kammes, erreicht zu haben, mit einem Male um nicht weniger als 5330 Fuss auf die

Hügel von Vasecz herab, über welche die Strasse von der Liptau nach Kesmark führt. Die Wissoka-hora ist 7780, die Anhöhe bei Vasecz nur 2450 W. F. hoch. Von hier drückt sie sich zwischen der Popper und dem Hernad hindurch, ist südlich von Deutschendorf im Angesichte der Tatra mit freiem Auge kaum zu erkennen, fällt dann in das Leutschauer Gebirge ein und gewinnt mit dessen Hilfe den Kamm der Waldkarpathen. — Noch launenhafter aber erscheint das Verhalten der Wasserscheide auf plateau-artigen Massen, wo sie sich, wie z. B. auf dem böhmisch-mährischen Gebirge oder auf den centralen Hochebenen Spaniens, in den sonderbarsten Windungen gefällt, oder auf dem Tafellande Nordamerikas, wo mehrmal zwei nach entgegengesetzten Seiten gewendete Flüsse in Portagen-Nähe an einander gerathen, um bald darauf mächtige Bergketten zu durchbrechen.

Dies lässt deutlich erkennen: 1. von welch geringem Belange die Wasserscheiden für das orographische Netz des Welttheils oder selbst der betreffenden Gebirge sind, und 2. dass die Flussläufe nicht das Product der Wasserspülung allein sein können, da manche Flüsse es nicht nöthig hatten, hohe Gebirgskämme zu durchbrechen, wenn ihnen nach einer anderen Richtung ein unendlich leichter zu eröffnender Abfluss zu Gebote stand. Das Gesagte zeigt nicht minder, wie unrichtig jene ältere Auffassung der Gebirge war, nach welcher man dieselben mit alleiniger Hilfe der Wasserscheiden construiren zu können vermeinte.

5. Die Grenzlinie der Gebirgsformationen, geognostische Linien, die dort, wo das Gebirge aus einer einzigen Formation besteht, wegfallen, sonst aber, besonders bei stark gestörten Gebirgen, ein krauses Gewebe bilden. Diese Linien in ihrer Gesammtheit belehren uns über die inneren Verhältnisse des Gebirgsbaues und berechtigen uns zu dem Schlusse, ob diese und jene Berge oder Kämme, einen gewissen plastischen Zusammenhang vorausgesetzt, zu einem Gebirge vereinigt werden dürfen.

„Alle diese Erhebungselemente können unter sich zusammenfallen, oder doch correspondirende Verhältnisse zeigen; sie können vielfach auch auseinander gehen, sich sogar mannigfach durchkreuzen" *).

68. **Karstgebirge.** Unter dem Worte Karstgebirge **) ver-

*) „Europa", von C. Ritter. Berlin 1863, pag. 117.

**) Siehe „Geologische Landschaftsbilder des istrischen Küstenlandes", von Dr. Guido Stache. „Oesterr. Revue" 1864, II, 192.

steht man nicht sowol einen geographisch definirbaren Gebirgsabschnitt, als vielmehr eine gewisse Ausbildungsform der Oberfläche eines Gebirges, welche an drei Bedingungen geknüpft zu sein scheint, u. z. 1. an eine plateau-artige Gestaltung des Gebirges im Grossen, 2. an eine gewisse absolute Höhe, die nicht unter circa 1000 Fuss herabsinken darf, und 3. an das Vorherrschen jüngerer Kalkformationen: Kreide- und Nummulitenkalk.

Das Karstland zeichnet sich zuvörderst durch Unfruchtbarkeit aus; es stellt im Ganzen eine öde, weissgraue, grobfelsige Wüste dar, auf der das ermüdete Auge vergeblich nach einem erfrischenden Punkte späht. Aber die mit dichtem, kräftigem Wald bestandenen höheren Theile des Karstbodens zeigen unwiderleglich, dass seine Unfruchtbarkeit keine ursprüngliche und nothwendige Eigenschaft desselben ist. Der Unverstand der Menschen hat seine einst umfassenden Waldgebiete zerstört und nun fegt die Bora über den Karst hinweg, beraubt ihn seiner lockeren Erdkrume und hindert das Aufkommen jeder neuen Waldanlage.

Der Karst im weiteren Sinne bildet ein in grossen Stufen angeordnetes Terrassenland, das von ausserordentlich vielgestaltigen, zerrissenen, klippigen und schrattigen, oft äusserst wilden Bergreihen und Kalkstöcken, sowie von allerlei Kesselthälern und Löchern durchzogen ist, wobei gewöhnlich Höhenzüge aus eocenem Sandstein ohne Karstbildung die Uebergänge von einer Stufe zur anderen vermitteln. Das Ganze ist eine horizontal ausserordentlich ausgedehnte, im Kleinen ausgeführte und oft mit grösster Schärfe ausgeprägte stockförmige Gliederung, mit runden und langen, hie und da zu kleinen Thalebenen erweiterten Kesselthälern dazwischen, nach allen Richtungen von einem oft unbeschreiblich verworrenen Netze von Spalten, Klüften und Schlünden durchsetzt und zerrissen und die Stöcke selbst meist aus horizontal geschichteten, steilrandigen, stachligen, trümmerbedeckten, kleinen und grossen Kalkmassen bestehend. Die Kesselthäler sind nicht selten von 1200 bis 1500 Fuss hohen Kalkwänden eingefasst und von Bächen oder kleinen Flüssen bewässert, die aus einer Höhle austreten und nach kurzem Laufe wieder in eine Höhle verschwinden. Fehlt eine solche Abflussöffnung, dann sind diese Thäler versumpft. Sie werden von den Slaven Dollinen und bei grösserer Ausdehnung Poljen genannt.

An anderen Orten werden die Formen ruhiger; schmale, bankartige, vorherrschend von NW in SO streichende Riffe bedecken das Land und schliessen schmale, trümmererfüllte, kahle und un-

wirthliche Thäler ein; zuweilen endlich, besonders dort, wo die Hochflächen obener sind, ist der Boden oft von einer Unzahl dicht an einander gereihter, meist regelmässiger, kreisrunder Löcher durchwühlt, die von allen Grössen bis zu einem Durchmesser von 50 Klafter, zum Theil mit Alluvium ausgefüllt sind und einigen Feldbau gestatten, zum Theil aber in unbekannte Tiefen fortsetzen und hier mit Höhlen oder unterirdischen Wasserläufen in Verbindung stehen.

Charakteristisch für das Karstland ist endlich sein ausserordentlicher Reichthum an Höhlen und Kalkschloten. In Krain zählt man z. B. nicht weniger als 60 grössere Höhlen, unter denen die berühmte Adelsberger Grotte vielleicht die schönste und grösste aller bisher entdeckten Tropfsteinhöhlen ist.

Das Karstland erstreckt sich von Adelsberg in Krain angefangen bis zum Cap Matapan 180 Meilen weit, und hat in der Herzegovina, in Montenegro, bei Cattaro und in einigen Theilen Albaniens seine wildeste und abschreckendste Gestalt. In das akrokeraunische Gebirge bei Chimara verlegten die alten Griechen aus diesem Grunde den Eingang in den Hades und nannten es deshalb auch das Gebirge der bitteren Thränen.

69. **Vulkane.** Vulkane oder feuerspeiende Berge sind jene Berge, bei denen aus Oeffnungen am Gipfel oder an den Gehängen die Producte der inneren Feuerthätigkeit der Erde, und mit diesen auch Theile des Erdfesten, gewaltsam an den Tag heraufgetrieben werden. Diese Producte bestehen aus Wasserdampf, verschiedenen anderen Dämpfen und Gasen, Rauch, Asche, Sand, Lapilli, Schlamm und Lava. Die Thätigkeit des Vulkans ist dabei entweder eine beständige oder periodische.

Die am häufigsten vorkommende Form der Vulkane ist die eines einfachen, oft ganz regelmässigen Kegels, mit sehr veränderlicher Neigung seiner Mantelfläche gegen den Horizont. So haben z. B. die beiden grossen Vulkane der Sandwich-Inseln Mauna Kea und Mauna Loa eine Neigung von nur 7, der Jorullo in Mexico dagegen von 27½ Grad. Der grösste bisher beobachtete Neigungswinkel beträgt 40, der mittlere ist mit 22½ Grad ermittelt worden *). Die schönsten und regelmässigsten Kegelgestalten zeigen der Cotopaxi in Peru und der Pic von Orizaba oder Citlaltepetl auf dem Plateau von Anahuac; beide Vulkane imponiren überdies durch ihre grosse Höhe, in Folge welcher ihre Gipfel, die Zeiten der Eruption abgerechnet, beständig mit Schnee bedeckt sind.

*) Dana: „Manual of Geology", pag. 16.

Es gibt indess auch kammförmig gestaltete Vulkane, wie z. B. der Pichincha in Peru. Bei vielen anderen Vulkanen sind die Formen mannigfach combinirt: so kommen z. B. Vulkane mit zwei nahe neben einander stehenden, an Höhe und Bedeutung äquivalenten Kegeln vor*); auf den Sunda-Inseln bilden viele Vulkane nur die höchsten Spitzen grosser Ringgebirge, und in anderen Fällen bestehen sie aus zwei oder mehreren, auf breiten, vulkanischen oder nicht vulkanischen Gebirgsmassiven aufgesetzten Aufschüttungskegeln. Jenen Kegel, aus welchem die Eruption des Vulkans stattfindet, nennt man den Eruptionskegel. In der Mehrzahl der Fälle ist der Vulkan ein einfacher Eruptionskegel, in anderen ist er jedoch von einem mehr oder minder breiten Ringwalle umgeben der, bald höher, bald niedriger als jener, sich hie und da ganz und unzerbrochen erhalten hat, häufig aber durch Einsturz oder Verschüttung von Seiten des Eruptionskegels, nur mehr theilweise besteht. Man hält ihn jetzt für einen älteren Aufschüttungskegel, was er seiner Structur nach auch meistens ist, doch haben die Beobachtungen unzweifelhaft nachgewiesen, dass einzelne dieser Ringwälle die, durch die Eruption, und zwar durch Druck, Temperaturerhöhung, metamorphische Processe oder Injection gehobenen Massen des alten, theils vulkanischen, theils nicht vulkanischen Bodens sind. Hierüber soll später im orogenetischen Theile dieser Abhandlung etwas eingänglicher gesprochen werden.

Die vorgenannten Ringwälle sind von Leopold von Buch mit dem Namen Erhebungskegel belegt worden. Die Somma am Vesuv ist der Rest eines solchen Erhebungskegels.

Der wichtigste Bestandtheil eines jeden Vulkans ist der Krater, d. i. die obere trichterförmige Oeffnung des Eruptionskegels, in welchen jener Canal ausmündet, der hinab in das Innere der Erde führt. Die Breite der Krater ist sehr ungleich und liegt zwischen 600 F. und drei Viertheilen einer Meile; von ihr hängt die gewöhnliche grössere oder geringere Abstumpfung des Eruptionskegels ab. Auch die Höhe der Vulkane ist sehr verschieden, ohne dass von ihr im mindesten die Heftigkeit der vulkanischen Ausbrüche beeinflusst wäre; so hat z. B. der schreckliche Vulkan Cosiguina in Guatemala eine Höhe von nur 470, der eben so schreckliche Vulkan Tambora auf Sumbawa von 9017 und der Cotopaxi in Peru, der furchtbarste Vulkan der Erde, von 17712 F.

*) Vulkane Gedé, Tankuban Prau und Semiru auf Java. „Der indische Archipel" von Zollinger. Peterm. G. M. 1858, pag. 60.

70. Verzeichniss der wichtigsten Vulkane. Nachstehendes Verzeichniss gibt die aboluten Höhen einiger der wichtigsten oder interessantesten Vulkane der Erde:

	Höhe in P. F.		Höhe in P. F.
Aconcagua Amerika	21514	Semiru, Java	11910
Gualatieri „	20970	V. de Agua, Amerika	11958
Antisana „	17956	Erebus, antarkt. Polarland	11700
Catopaxi „	17712	Gunong Api, Sumatra	11500
Mount Hood „	17220	Indrapura „	11500
Tolima „	17190	Pico de Teyde, Afrika	11394
Popocatepetl „	16626	Koriazkaja Sopka, Asien	11090
Pic von Orizaba „	16300	Aetna, Europa	10260
Sangay „	16080	Gedè, Asien	9326
Klintschewskaja Sopka, Asien	15040	Egmont, Australien	8333
Pichincha, Amerika	15000	V. von Bourbon, Afrika	7050
V. von Villarica, Amerika	15000	Tambora, Asien	9017
Demawend, Asien	13790	Oeräfa, Jökul, Europa	5560
Puracé, Amerika	13650	Hekla, Europa	4795
Rindjani, Asien	13378	Jorullo, Amerika	4000
Manna Kea, Australien	12804	Stromboli, Europa	2775
Manna Loa, „	12613	Cosiguina, Amerika	470
V. von Pasto, Amerika	12610		

71. Eintheilung der Vulkane. Das Vorkommen der Vulkane ist an keine geographische Breite gebunden; es gibt Vulkane zwischen den Tropen, in Island und (wie der Erebus) im antarktischen Polarlande. Was jedoch die relative Stellung derselben gegen einander betrifft, so unterscheidet man 1. Centralvulkane, welche entweder einzeln oder in scheinbar unregelmässigen Gruppen versammelt stehen, wie z. B. in Island, auf den canarischen Inseln u. a. 2. Reihenvulkane, wenn sie in Reihen geordnet sind. Die meisten Vulkane der Erde gehören dieser Classe an. Ueber die geographische Vertheilung der Vulkane kann ferner noch gesagt werden, dass sie meistens in der Nähe der Küsten oder anderer grosser Wasserbecken der Erde anzutreffen sind.

Die wichtigsten Vulkanreihen sind: 1. die ostasiatische Reihe, von Kamtschatka durch die Kurilen, Japan, Formosa, die Philippinen und Molukken bis zum Westende der Insel Neu-Guinea, mit 74—76 Vulkanen; 2. die Sundareihe, von der Küste Arracan in Hinterindien über die Andamanen, grossen und kleinen Sunda-Inseln bis Neu-Guinea, wo sie sich mit der vorigen Reihe vereinigt, mit etwa 125 Vulkanen; 3. die australische Vulkanreihe ist

die Fortsetzung der beiden vorigen von Neu-Guinea über Neu-Britannien, Sta. Cruz, die neuen Hebriden und Neu-Seeland bis zum antarktischen Polarlande (Victoria-Land) mit 10—12 Vulkanen; 4. die südamerikanische Vulkanreihe, vom Feuerlande bis Neu-Granada, durch zwei Intervalle in die chilenische, bolivianische und peruanische Reihe getheilt, mit 63 Vulkanen; 5. die mittelamerikanische Vulkanreihe; sie beginnt mit der Cordillere von Veragua und reicht bis zur Landenge von Tehuantepec mit 36 bis 40 Vulkanen; 6. die Reihe der Antillen, mit 7—8 und 7. die, in ihrer Verlängerung quer über das Plateau von Anahuac laufende, mexicanische Reihe mit 7 Vulkanen, endlich 8. die nordamerikanische Reihe längs der Küste des grossen Oceans von Californien bis zum Westende der Aleuten mit 36 Vulkanen.

Wenn schon die Zahl der noch in der Jetztzeit thätigen Vulkane eine ansehnliche ist, so ist die Zahl der erloschenen Vulkane eine noch viel grössere. Ein Vulkan wird zu den thätigen gerechnet, wenn er innerhalb der historischen Zeit in Eruption gewesen und Anzeichen vorhanden sind, dass die Feuerthätigkeit in seinem Innern noch nicht gänzlich erstorben ist. — Die erloschenen Vulkane haben in vielen Fällen ihre conische Gestalt bewahrt und geben dann den Gegenden, wo sie in grösserer Menge vorkommen, ein eigenthümliches, spitzhügeliges Aussehen, deren charakteristisches, plastisches Merkmal in der Isolirtheit aller einzelnen Kegelgestalten, wie etwa bei mehreren nahe neben einander liegenden Maulwurfshügeln, besteht. Solche alte Vulkankegel werden in Süd-Frankreich Puy's genannt. Sie kommen in der Auvergne, im Vélais, in der Eifel, Rhön, im nördlichen Böhmen und Ungarn, in Siebenbürgen u. a. a. O. vor.

Die Vulkane sind nicht nur für die Gegenden, wo sie vorkommen, als Elemente einer specifischen Bodenplastik und als Ursachen mannigfaltiger Veränderungen der Erdoberfläche durch Lava-Ergüsse, Aschenfall u. dgl, so wie vielfacher Zerstörungen durch dieselben Mittel — sondern auch durch ihren Zusammenhang mit den Erdbeben wichtig, die, als eine andere Aeusserungsform der vulkanischen Thätigkeit der Erde, in furchtbaren Erschütterungen Millionen Menschen sammt ihren Werken mit plötzlichem Untergang getroffen, unsägliches Elend angerichtet und eindringlicher als jede andere natürliche Erscheinung den Unbestand aller irdischen Dinge dargethan haben.

72. Schneegrenze, Schneeberge. In Folge der allmäligen Abnahme der Wärme bei wachsender absoluter Höhe, wird es überall, wo Berge von entsprechender Erhebung vorkommen, eine Höhe geben müssen, wo der im Winter gefallene Schnee von der Wärme des darauffolgenden Sommers so wie von der Verdunstung nicht mehr völlig aufgezehrt werden kann. Die Linie, von welcher an aufwärts dieser Fall eintritt, und oberhalb welcher demnach der Boden jahraus, jahrein ganz oder theilweise mit Schnee bedeckt sein wird, nennt man die untere Grenze des ewigen Schnees oder schlechtweg die Schneegrenze; Berge aber, die über diese Linie emporragen, heissen, wenn sie mit Schnee überkleidet sind, Schneeberge. Es ist begreiflich, dass unter Umständen, deren Verschiedenheit theils in der Beschaffenheit des Bodens mit Rücksicht auf seine Exposition gegen Sonne und herrschende Winde, auf seine Gestaltung und Wärmeleitungsfähigkeit, theils in der veränderlichen meteorologischen Natur verschiedener geographischer Breiten, einzelner Jahre und Jahresreihen, die Höhe der Schneegrenze nicht nur in verschiedenen Gegenden der Erde überhaupt, sondern auch an demselben Orte in verschiedenen Jahren und längeren Perioden veränderlich sein werde. Es ist hier nicht der Ort, in die physikalischen Ursachen dieser Variationen näher einzugehen.

Ich lasse hier eine kleine Tabelle mit den beobachteten Höhen der Schneegrenze in verschiedenen Gegenden der Erde folgen:

	Höhe in P. F.
Europa.	
Mageröe, Nordcap	2200
Norwegen in 70° Breite	3300
„ „ 67° „	3900
Island, am Oesterjökul	2890
Norwegen in 60—62° Br.	4800
Alpen: Westalpen	8200
Mittelalpen	8450
Ostalpen, Tirol	8800
Ostalpen, Kärnthen	9000
Pyrenäen	8800
Aetna	8900
Sierra Nevada, Spanien	10500
Asien.	
Kamtschatka	4930
Kaukasus	10260
Bolortagh	15960
Altai	6590
Himalaya Nordhang	15600
Südhang	12200
Afrika.	
Habessinien	13200
Amerika.	
Rocky Mountains in 43° Br.	11700
Mexico in 19° Br.	13900
Vulkan Tolima 5° N. Br.	14380
Quito, 0° Breite	15000
Chile, östl. Cordillere 14—18°	15320
westl. „ „	16500
Magalhaes-Strasse	3480

Es ist in letzter Zeit von einer Seite die Behauptung aufgestellt worden, es existire keine Schneegrenze und diese sei demnach nur eine Illusion. Diese Ansicht ist aus dem Umstande abgeleitet worden, dass die Schneelinie wegen ihrer Unklarheit in der Natur und ihrer vielen auf- und niedersteigenden Sinuositäten, an Ort und Stelle schwer oder gar nicht zu erfassen sei, und dass es oft hohe Berge gebe, welche im Sommer frei vom Schnee angetroffen werden. Ich glaube, diese Ansicht beruht auf einer nicht ganz klaren Vorstellung über den physikalischen Begriff der Schneegrenze. Denn dass diese Grenze thatsächlich existirt, zeigt im Sommer der erste Blick auf einen die Schneegrenze in grösserer Ausdehnung überragenden Hochgebirgskamm, wenn man ihn aus einiger Entfernung (etwa 2—3 Meilen) betrachtet. Die Schneegrenze schneidet da allemal mit einer schnurgeraden, vollkommen horizontalen Linie ab, die an Deutlichkeit und scharfer Abgrenzung nach unten nichts zu wünschen übrig lässt. Dasselbe offenbart sich auch bei jedem bedeutenderen Schneefall im Sommer, wenn die Schneegrenze, auf die Dauer von 2—3 Tagen, oft um einige Tausend Fuss tiefer herabrückt. Nur aus einer solchen Ferne wird daher in einem gegebenen Falle die Höhe der Schneegrenze leicht und verlässlich ermittelt werden können. Dass dies an Ort und Stelle nicht gut möglich ist, thut wol nichts zur Sache, noch weniger aber, dass es oberhalb der Schneegrenze Felswände, steile Hänge und hohe Gipfel gibt, die nicht mit Schnee bedeckt sind, weil er sich da nicht erhalten kann. Denn die Schneegrenze hängt nicht sowol von den Stellen, welche schneefrei sind, als vielmehr von jenen Stellen ab, auf welchen in grösserer Ausdehnung perpetuirlicher Schnee angetroffen wird.

73. **Gletscher und ihre Bildungen.** Aus der allmäligen Vereisung des oberhalb der Schneegrenze angesammelten Schnees und durch Ausdehnung des dadurch gebildeten Eises entstehen jene unter die Schneegrenze herabwachsenden, die Hochmulden und Hochthäler in eigenthümlichen Gestalten erfüllenden Decken und Ströme von Eis, die im Sommer von Schnee unbedeckt sind und den Namen Gletscher führen.

Es wäre hier nicht am Platze, in die physikalischen Seiten des Gletscherphänomens einzugehen, doch darf wol so viel erwähnt werden, dass die Gletscher das Mittel sind, dessen sich die Natur bedient, um die in den höheren Regionen des Gebirges angesammelten Schneemassen allmälig in die Tiefe und der Zerstörung durch die Wärme zuzuführen. Auch bilden Schnee und Gletscher

besondere Formen der Gebirgs-Oberfläche und diese Formen sind es, deren Besprechung in den Rahmen der vorliegenden Abhandlung gehört.

Jene ausgebreitete Schneedecke, die gleich einem Mantel in weichen Falten auf dem Gebirge liegt, hie und da wol auch von kahlen Felswänden durchbrochen ist und dem Eisstrome unterhalb die Entstehung giebt, wird das Firnfeld, der Eisstrom selbst aber der eigentliche Gletscher oder die Eiszunge genannt.

Der eigentliche Gletscher stellt sich in der Regel als eine in der Mitte etwas gewölbte, je nach der Querdimension des Thales verschieden breite und gewöhnlich mit steilem Abfall endigende Eismasse dar Von dem Firnfelde weg sich verschmälernd und in das Hochthal langsam abfallend, übergeht der Eiskörper allmälig in den eigentlichen Gletscher, rückt immer tiefer in das Thal herab, folgt allen Windungen desselben, zwängt sich alle seine Engen hindurch, reicht von einer Thalwand zur anderen und hat hier, bei einer Mächtigkeit von mehreren Hundert Fuss oft kaum die Breite von 100—200 Klafter.

Kleinere Gletscher, die nur auf dem Kammgehänge liegen, ohne das Hauptthal unterhalb zu erreichen, werden Gletscher des 2. Ranges, grosse Eisströme hingegen, welche auf obige Art die Sohle des Hauptthales bedecken und, ihres geringen Gefälles wegen, erstarrten Flüssen gleichen — Gletscher des 1. Ranges genannt.

Daraus geht hervor, dass die Länge der Gletscher eine sehr verschiedene ist. Diese Länge hängt von der Grösse des Firnfeldes ab, aus welchem der Eisstrom hervorwächst und von dem er unterhalten wird; bei kleinen Firnmulden ist sie gering; bei grossen Firnfeldern hingegen, deren Area oft eine oder mehrere Quadratmeilen misst, wird der Gletscher nicht selten mehrere Meilen laug. Die längsten Gletscher hat wol die Mustagh-Kette in den Umgebungen des Dapsang, des zweithöchsten Gipfelpunktes der Erde, nördlich vom oberen Indus; hier hat

der	Biafo-Ganse*) eine Länge von	$8^1/_2$	geogr. Meilen**).
„	Biaho- „ „ „ „	$7^3/_4$	
„	Panmah-„ „ „ „	$6^1/_2$	
„	Chogo- „ „ „ „	$5^1/_2$	

*) Ganse = Gletscher.

**) Siehe: „On the Glaciers of the Mustagh-Range“ von Capit. Godwin-Austen im 34. Bande des „Journals of the R. Geogr. Society of London“, pag. 19.

Oberlieutenant Julius Payer spricht von einem 4 Meilen langen Gletscher im Franz Josephs-Fjord auf der Ostküste Grönlands, dem er meinen Namen beizulegen die Artigkeit hatte *). Wer weiss es übrigens, wie lang noch andere Gletscher dieses eisigen Landes, z. B. der an seinem Ende 15 Meilen breite Humboldt-Gletscher im Smithsunde, sind. — Der längste Gletscher Europas ist der $3^1/_4$ Meilen lange Gross-Aletsch-Gletscher in der Schweiz und der längste in Oesterreich der $1^1/_2$ Meilen lange Gepaatsch-Gletscher in Tirol.

Der Winkel, unter welchem die Gletscher gegen den Horizont geneigt sind, ist für die Firnfelder der der oberen Theile des Kammgehänges, für die Eiszungen ist er selbstverständlich bei den Gletschern des 1. Ranges weit kleiner als bei denen des 2. Ranges. In den Alpen liegt er bei jenen zwischen 8—12, im Mustagh ungefähr auf 4 Grad. Bei den Gletschern des 2. Ranges erhebt er sich zuweilen bis auf 20 Grad.

Wo das Gefäll des Firnfeldes und des eigentlichen Gletschers grösser wird, da ist der Eiskörper regelmässig von tiefen, querlaufenden Spalten durchrissen, die ihn unbeschreitbar machen. Bei noch steileren Stürzen des Eiskörpers ist derselbe oft in ein Labyrinth von Wänden, Zacken und Thürmen aufgelöst, die man Eisnadeln nennt und die wegen ihrer Pracht und Grossartigkeit, einen mit Recht vielbewunderten Bestandtheil des Gletscherphänomens bilden.

Eine besondere Eigenthümlichkeit der Gletscher sind die Moränen, worunter man theils lineare, theils wallartige Anhäufungen von Felsstücken und kleinerem Schutt versteht, welche von den Berghängen auf den Gletscher herabfallen, durch die continuirliche Bewegung des Eises zu Thal verschieden angeordnet und hiernach auch benannt werden. So nennt man Randmoränen jene Schuttlinien, die auf den Rändern des Gletschers liegen, Mittelmoränen ähnliche Schuttlinien, welche parallel mit den Ufern des Gletschers auf der Oberfläche des letzteren hinziehen und End- oder Frontalmoränen, mehr oder minder breite Schuttwälle, die dadurch entstehen, dass die Bestandtheile der Rand- und Mittelmoränen das Ende des Gletschers erreichen, über dasselbe herabfallen und sich hier bogenförmig aufhäufen. In Hochgebirgsthälern finden sich, nicht selten stundenweit unterhalb der heutigen Gletscher, bogen-

*) Jahrbuch des Oesterr. Alpenvereines in Wien, Band 7, pag. 99: „Das Innere Grönlands“.

förmige, oft 50—100 F. hohe Schuttwälle dieser Art, mit den convexen Seiten abwärts gekehrt und aus einer Zeit herstammend, in der die Gletscher eine um vieles grössere Ausdehnung hatten, als in der Gegenwart.

Die Seehöhe, bis zu welcher die Enden der Eiszungen herabsteigen, ist vom Klima, von der Menge des alljährlich fallenden atmosphärischen Niederschlages und von der Grösse der Gletscher abhängig. Bei sonst gleichem Klima werden die Gletscher dort tiefer in die Thäler vordringen, wo mehr Schnee fällt, und sind alle anderen Umstände dieselben, so werden grosse Gletscher grössere Tiefen erreichen als kleine. In den Polargegenden schieben sich die Gletscher in der Nähe der Küsten gewöhnlich bis zum Meere herab, in das, auf seichtem Strande, ihre lasurblauen, oft Hunderte von Fuss hohen Wände nicht selten meilenweit vordringen. Dasselbe ist stellenweise in Norwegen der Fall, nur dass hier die Eiszungen, wegen der Tiefe des Meeres in den Fjorden, an der Küste abbrechen. Grosse Tiefen erreichen die Gletscher in Neuseeland, wo der Tasman Gletscher (in der geographischen Breite von Rom) bis auf 2600 P. F. niedergeht *). In den Alpen beträgt die Ausgangshöhe für die Gletscher des 1. Ranges 4000 bis 6000 F., für die des 2. Ranges 6000—7000 F., im Mustagh für jene 10000—12000, für diese 13000—15000 F.

Das Gletscherphänomen ist auf der Oberfläche der Erde in nicht geringem Maasse verbreitet. Grönland mit einer Area von vielleicht 20000 Q.-Meilen ist eine einzige, ununterbrochene Schnee- und Eiswüste; ähnliches ist bei Spitzbergen, bei den arktischen Inseln Nord-Amerikas und im antarktischen Polarlande der Fall. Grosse Eisdecken zeigen ferner Island, das skandinavische Gebirge, Feuerland und die südamerikanischen Inseln jenseits des 50. Parallels. In grossem Umfange sind ferner der Mustagh, Küeulün, Himalaya, Thiauschan, Jüuling, die Gebirge in Kamtschatka, die Alpen und die Gebirge der Süd-Insel Neu-Seelands — in geringerem Umfange die Pyrenäen, der Kaukasus, das Cascadengebirge in Nord-Amerika u. a. m. vergletschert.

74. Zwei, wiewol nur selten vorkommende, durch ihre Absonderlichkeit jedoch sehr auffallende Bodenformen sind die sogenannten Steinwälder und Erdpyramiden.

*) „Notes on the Mountains and Glaciers of the Canterbury Province, New-Zealand" by Dr. Jul. Haast im 34. Bande des „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", pag. 87.

Steinwälder. Unter den Steinwäldern versteht man die aus ebenen oder welligem Grunde aufragenden, mehr oder minder dicht beisammen stehenden, zuweilen Hunderte von Fuss hohen und oft ein phantastisches Gewirre bildenden, isolirten Felsformen, Reste von Kalk- oder Sandsteinmassen, die durch Erosion und Verwitterung an vielen Orten durchnagt und in einzelnstehende Brocken aufgelöst wurden. Ein merkwürdiges und vielbesprochenes Beispiel dieser Art sind die Adersbacher Felsen im nordöstlichen Böhmen, die eine Fläche von zwei Stunden Länge und einer Stunde Breite bedecken, aus mehreren Tausend einzelnen Sandsteingebilden bestehen und die mannigfaltigsten, bizarrsten Gestalten (Pyramiden, Kegel, umgekehrte Zuckerhüte, Säulen, Prismen, Cylinder u. dgl.) besitzen. Noch grossartiger sind in der Nähe der vorigen die Weckelsdorfer und Dittersbacher Felsen, welche von der Erosion ebenfalls aus einem Sandsteinflötz ausgearbeitet wurden. Im Altai bei Kolywan kommen ähnliche Granitfelsen und im Karstlande hie und da Steinwälder aus Kalkstein vor.

75. **Erdpyramiden.** Unter den Erdpyramiden endlich werden jene säulenartigen Reste von weggewaschenen Thonlagern verstanden, die ihre Existenz dem Regenwasser verdanken. Sie stehen ebenfalls meist in grösserer Zahl nebeneinander und es ist jede Pyramide mit einer Schiefertafel oder einem Felsblocke bedeckt, der das darunter befindliche Erdreich vor der Erosion geschützt und auf der ursprünglichen Höhe erhalten hat. Die Erdpyramiden auf dem Ritten bei Bozen, deren es auf einem kleinen Raume etwa 60 bis 70 gibt, stehen am Fusse einer 100 Fuss hohen Wand, mit der eine sandige Thonmasse gegen das Thal abfällt, haben unregelmässig conische Gestalten, von denen mehrere, wo der schützende Stein herabgefallen, in eine scharfe Spitze auslaufen. — Bei Porullena, nördlich der Sierra Nevada in Spanien, hat die von mehreren Seiten in ein diluviales Plateau eingreifende Erosion fliessenden Wassers ähnliche breitconische Formen zu Stande gebracht*).

*) Siehe Klöden: „Handbuch der physischen Geographie", pag. 392, mit einer schönen Zeichnung illustrirt.

D. Von den hohlen Formen des Bodens.

76. Wir theilen die hohlen Formeu des Landes zunächst in die Landbecken und in die Thäler ein.

I. Die Landbecken.

77. In diese Classe von Hohlformen gehören jene Vertiefungen der Erdoberfläche, die sich über grössere Räume verbreiten, gleichviel ob die Einsenkung nur eine relative ist, oder ob sie bis unter das Meeresniveau hinabreicht.

Diese tiefere Lage einzelner Landstrecken kann entweder eine ursprüngliche, d. h. in den primitiven Reliefverhältnissen der ersten Erstarrungskruste des Erdkörpers begründete sein, oder sie hat sich später dadurch gebildet, dass das umliegende Land allein oder höher gehoben wurde, oder sie kann die Folge eines partiellen Einsinkens, also einer retrograden Bewegung desselben sein, oder sie ist endlich ein Effect der Wasserspülung. Es kann nur von Fall zu Fall entschieden werden, welches von diesen vier Principien als das wahrscheinlichere zu betrachten ist.

Nach Dana kann der Begriff dieser Hohlformen der Erdoberfläche bis auf die Tiefebenen im Innern der Continente und auf die flachen Terrassen im Innern ausgedehnter Hochländer erweitert werden. So sagt der amerikanische Geologe: „Die Continente haben im Allgemeinen hohe bergige Ränder und ein tiefes oder beckenartiges Innere“ *). Nun, wenn diese Ansicht auch mit der unserigen insoferne übereinstimmt, dass die meisten Tiefländer (mit Ausnahme der an der Küste liegenden) als grosse Landbecken aufzufassen sind, so ist doch, nebenher bemerkt, der Ausspruch, die Continente seien im Allgemeinen von hohen Rändern umgeben, nicht durchaus richtig, weil er einerseits das ungeheuere sibirische Tiefland, das ein Viertheil von Asien umfasst und die chinesische Tiefebene, andererseits das 100.000 geographische Quadrat-Meilen grosse arktische Tiefland sowie die atlantische Küstenebene in Nord-Amerika, ausser Betracht lässt.

Diese Auffassung Dana's schliesst in ihrer Allgemeinheit zugleich die Vorstellung des gesammten Systems der für die Kenntniss der Erdoberfläche so wichtigen Wasserläufe, also die hydrographische

*) „Manual of Geology.“ Philad. 1864. pag. 23.

Organisation des Landes ein. Jeder Riesel, jeder Bach, Fluss und Strom hat sich, vermittelst der dem fallenden oder fliessenden Wasser innewohnenden erodirenden Kraft, einen gesicherten Abfluss durch die seinen Weg einst sperrenden Hindernisse des Bodens erzwungen. Hierdurch ist eine ausserordentliche Menge von Rinnsalen zu Stande gekommen, die sich gruppenweise in Fluss- und Stromgebiete zusammensetzen, welche den Ertrag der Quellen, sowie der Schneeschmelze und der Regengüsse aufsammeln und vereinigt dem Ocean als der eigentlichen Heimat alles Gewässers zuführen. Jene Zusammensetzung liefert uns die grossen Einheiten der erwähnten hydrographischen Organisation der Erdoberfläche, von denen hier, jedoch nur mit Rücksicht auf ihre Plastik, die Rede sein soll.

Betrachten wir ferner die Reliefformen solcher Stromgebiete im Ganzen, so werden wir alsbald bemerken, dass jedes Individuum dieser Art allenthalben die Gestalt einer breiten, mehr oder minder gleichförmig und sanft abgedachten Mulde besitzt. Wir werden ferner wahrnehmen, dass diese Mulde durch vorspringende Höhenzüge hie und da eingeschnürt, an anderen Orten durch das Zurückweichen der sie einschliessenden Gebirge wieder ungemein erweitert, in ihren Gefällsverhältnissen verändert und auf diese Art selbst wieder in zwei oder mehrere secundäre Mulden eingetheilt ist.

In anderen Fällen aber ist es dem Wasser unmöglich gewesen, sein Abflussgebiet zu vollenden, d. h. sich die Verbindung mit dem Meere zu erkämpfen; sei es, dass es nicht die Macht hatte, den Widerstand mächtiger, im Wege stehender Landmassen zu überwinden und genöthigt wurde, sich als Binnensee auszubreiten oder kläglich im Sande zu verrinnen, sei es, dass es grosse Vertiefungen vorfand, die oft weit unter das Niveau des Meeres hinabreichten, die es nur theilweise auszufüllen vermochte und aus diesem Grunde keinen Abfluss fand. In noch anderen Fällen besteht die Unfertigkeit der Muldenform darin, dass das Wasser, bei allzu geringer Fallthätigkeit, nicht im Stande war, sich ein concretes Rinnsal auszunagen, weshalb es in seinem Laufe stocken, sich mit der Erde vermengen und zu Sümpfen und Moorbrüchen entarten musste.

78. Dies Alles zeigt, dass die Hohlräume der Erdoberfläche, abgesehen von ihrer sehr verschiedenen absoluten Höhe und räumlichen Ausdehnung, auch durch eine sehr verschiedene Plastik sich unterscheiden müssen und wir werden es in Nachstehendem ver-

suchen, einige ihrer Formen etwas näher ins Auge zu fassen; die wichtigsten darunter sind:

1. Die Strombecken: weite, oft über viele Tausende von Quadrat-Meilen sich ausdehnende Gebiete, die all' ihr fliessendes Gewässer in einen grossen Stromlauf vereinigen; bei bedeutender Entwicklung sehr flache Mulden bildend, mit ihren äusseren Theilen in die Gebirgsländer der Erde hinaufgreifend, durch die grossen Nebenflüsse in secundäre Becken getheilt, mannigfach gestaltet und abgestuft und hiernach individualisirt, bald langgestreckt und schmal, bald in die Breite gedrückt, hier mit deutlichen, dort mit unsicheren Grenzen von den umliegenden Strombecken geschieden.
2. Die Stufenbecken der Ströme und Flüsse, durch welche ihre Eintheilung in Ober-, Mittel- und Unterlauf begründet wird: nicht immer nach diesem Schema klar angeordnet, oft eine der Stufen ausfallend, oft deren mehrere vorhanden; im Einzelnen durch Einschnürungen des Strombeckens unter stärkerem Gefäll, durch veränderte Richtung des Flusslaufes und veränderte Natur des Bodens deutlich bezeichnet. Hierher gehören z. B. die bayerische Hochebene als Stufenbecken für den Oberlauf der Donau, das Wiener Becken, dann die kleine und grosse ungarische Tiefebene als Stufenbecken für ihren Mittellauf und die wallachische Tiefebene für ihren Unterlauf; der böhmische Kessel als Stufenbecken für den Oberlauf der Elbe; das Wolgabassin zwischen Twer und Kasánj als oberes Stufenbecken der Wolga, das Dujeprbassin zwischen Brzest-Litowsk und Kiew als Stufenbecken für den Oberlauf des Dnjepr u. s. f.
3. Die oft ungemein ausgedehnten Depressionen im Tieflande, die mit dem Meere zwar verbunden, zu einem wolgeordneten Flusssysteme jedoch nicht ausgebildet und mit umfassenden Sumpf- und Moorbildungen bedeckt sind. Ich möchte sie, im Gegensatze zu den Landhöhen, Landsenken oder Landtiefen nennen. In diese Classe von Hohlräumen gehören: die grossen Moorstrecken in Holland, Hannover und Oldenburg; die Niederung zwischen dem nördlichen und südlichen Höhenzuge des germanischen Tieflandes, mit dem Luch und den Moorbrüchen an der Oder, Warthe, Netze, Obra, Weichsel, am Bug und Narew; die Rokitnosenke im oberen Stufenbecken des Dnjepr mit den fast 2000 Quadrat-Meilen umfassenden

Rokitnosümpfen, die Tundren (gefrorne Sümpfe) in Nordrussland und Sibirien u. a. m.

4. Die grossen Flussseebecken im Tief- und im Hochlande, deren Dimensionen zu bedeutend sind, als dass sie noch als erweiterte Thäler angesehen werden dürften. Sie sind selbstverständlich Bestandtheile der Strombecken, bestehen aus Einsenkungen von oft sehr ansehnlicher Tiefe und einem Umfange, der sie nach Umständen geeignet macht, Gebirgssysteme oder Gebirgsgruppen zu trennen und als Wassersammler für grosse Landstrecken zu dienen. Hierzu werden zu rechnen sein: der Wenern- und Wetter-, der Ladoga- und Onega-, der Baikal-, Thungthing- und Poyangsee, der Victoria-, Albert Nyanza-, Tanganyika- und Tanasee, die grossen nordamerikanischen Seen und noch a. m.

5. Die continentalen Binnenräume: theils im Hoch-, theils im Tieflande, theils sogar unter dem Niveau des Meeres, mit oder ohne Seebildung, die Seen salzig oder brackisch, zuweilen zwei oder mehrere Stromgebiete umfassend und häufig auch ohne perennirende Wasserläufe. Zu den wichtigeren Beispielen dieser Art gehören: der Binnenraum des Kaspisees mit den vier grossen Strombecken des Ural, der Wolga, des Terek und des Kur; der Binnenraum des Aralsees mit den Strombecken des Amu- und des Syr-darja, das Binnenbecken des Lob-Noor mit dem Strombecken des Tarim, das des Hamun-Sees mit dem Strombecken des Hilmend, die Binnenräume des Balkasch-, des Ike Namur-, des Khuku- und Tengri-Noor, des Wan- und Urumiah-Sees sowie des todten Meeres, alle diese in Asien; die Binnenbecken des Tsadsees mit dem Schari als Zufluss, der lybischen Oasen und des Ngami-Sees in Afrika; des grossen Salzsees, des Humboldtflusses, des Titicaca-Sees u. a. in Amerika, endlich die des Eyre-, des Torrens- und Gairdner-Sees in Australien.

II. Die Thäler.

79. **Begriff und Bedeutung der Thäler.** Die Vertiefungen zwischen Hügeln und Bergen werden Thäler genannt. Ihre Form ist so verschieden wie die der Berge und Berghänge selbst. Bald sind es regelmässige prismatische Einschnitte in eine Hochebene mit gleich hohen und gleichförmig abfallenden Rändern, bald seichte,

muldenförmige, zwischen sanft abfallenden Hügeln hinziehende Rinnen, bald sind es tiefe, von mächtigen Bergen eingeschlossene Hohlräume mit sanften oder schroffen, erdigen oder felsigen Seiten; hier stellen sie sich als weite sonnige Landschaften, dort als engumgrenzte schattige Räume und an anderen Orten als tiefe, lichtscheue Abgründe dar; bald sind sie kurz, bald lang und dabei entweder rasch wechselnd in ihren Richtungen, oder sie bilden schnurgerade Gebirgsgassen mit dem reizendsten Formenwechsel in der Nähe und mit blauen duftigen Bergen in der Ferne.

Alle diese Gestaltungen hängen von der Natur des Gebirges ab, in welches die Thäler eingeschnitten worden sind. Zwischen Hügeln und niederen Bergen sind sie einförmig und zahm, im höheren Gebirge werden sie rauher und formenreicher, im Hochgebirge sind sie wild und grossartig wie dieses. Die physische Erscheinung des Gebirges ist ja zugleich die des Thales. Da wir ferner die absolute Höhe des ersteren nicht wirklich sehen, sondern nur die relative, der Thalboden aber der Horizont ist, auf den wir in der Natur die Höhe des Gebirges beziehen, so wird uns dieses gerade so hoch erscheinen, als das Thal tief. Nicht minder sind alle landschaftlichen Elemente des Gebirges auch den Thälern in ganz gleichem Maasse günstig oder abträglich; alles, was das Gebirge schmückt oder verdüstert: gefällige, kühne oder monotone Bergformen, grüne Berghalden oder wilde Felswände, pulsirende Wasserfälle oder missfärbige Trümmermassen, dunkle Wälder oder grünleuchtende Wiesen- und Alpenmatten, schimmernde Schneefelder und blaue Gletscher, verklärender Sonnenglanz oder düstere Wolkenschatten, alles dies erhebt oder vermindert auch den pittoresken Effect der Thäler.

80. Fragen wir aber nach dem Werthe der Thäler für die Menschen, so werden wir erkennen, dass dieser Werth in seinem Verhältniss zum Gebirge nach dem Maasse steigt, als dieses höher wird. Wenn schon im Hügellande oder im Niedergebirge der agronomische Werth der Thäler in der Regel grösser ist als der der Höhen, so werden im Alpen- und Hochgebirge die Thäler, in unseren Breiten wenigstens, fast ausschliesslich die Stätten landwirthschaftlicher Thätigkeit sein; nur in günstigen sonnigen Lagen und bei geringen Gefällen der untersten Theile des Kammgehänges oder auf den früher erwähnten Bergterrassen, wird sich der Feldbau in mässiger Ausdehnung auch auf die dem Thale benachbarten Höhen verbreiten. Die Thäler sind die Sammelplätze des frucht-

baren Alluviums, das, ein Product der Verwitterung, durch Bäche und Riesel, durch Regen und Wind unablässig von den Bergen herabgetragen wird. Für je 600—700 F. wachsender absoluter Höhe nimmt die mittlere Jahrestemperatur bekanntlich um 1° R. ab, und es ist aus diesem einfachen Datum unschwer zu entnehmen, wie bald mit der Entfernung vom Thale die Wärme auf einen Grad herabsinken muss, der den lohnenden Anbau der gewöhnlichen Culturpflanzen nicht mehr gestattet. Aus diesen Gründen sind die Thäler im höheren Gebirge vorherrschend die Schauplätze menschlicher Besiedlung; hier liegen die Dörfer und Städte, die Kirchen und Schulen, die Strassen und Eisenbahnen; nach den Thälern werden die verschiedenen Theile des Landes benannt; nach ihnen richtet sich die Abscheidung in Dialecte, in allerlei Trachten, abweichende Sitten, Gebräuche und althergebrachte Arten des Erwerbes.

81. **Thalsohle und Thalhänge.** Bei jedem Thale unterscheiden wir zunächst die Thalhänge und die Thalsohle — Thalelemente nämlich, welche im Querprofile zur Erscheinung kommen.

Die Thalhänge, auch Thalwände oder Thalseiten genannt, sind nichts anderes als die beiden Kammgehänge, welche das Thal einschliessen; sie führen diesen oder jenen Namen, je nachdem sie auf Thal oder Gebirge bezogen werden. Es hat demnach Alles, was über die Berg- und Kammgehänge (Seiten 64 und 74), sowol mit Rücksicht auf ihre Formen im Allgemeinen als auch auf die Abhängigkeit derselben von der Höhe und geognostischen Zusammensetzung der Berge und Kämme, gesagt wurde, auch bei den Thalhängen seine Giltigkeit.

82. **Thalsohle und Uferterrassen.** Die Thalsohle ist der tiefste, im Querdurchschnitt horizontale Theil des Thales, der also weder dem einen, noch dem anderen Thalhange angehört. Bei breiten Thälern erscheint die Thalsohle häufig als ein ebener Landstreifen. Diese Ebenheit tritt natürlich dort mit typischer Vollkommenheit hervor, wo das Thal, von einem Thalhang zum anderen, mit Wasser ausgefüllt ist. In vielen Fällen verengt sich die Thalsohle zu einer Linie, in der sich die beiden Thalhänge unter hohen Winkeln verschneiden. Sanftgeneigte Thäler haben gewöhnlich breite, starkgeneigte, enge oder linienförmige Sohlen.

Selbst auf breiten und ebenen Thalsohlen haben sich die Flüsse häufig mehr oder minder tief in den Grund eingegraben, so dass sie jetzt von hohen und steilen Ufern eingeschlossen sind. In

anderen Fällen hat sich dieses Einnagen des Gewässers im Laufe der Zeit zwei oder mehrmal wiederholt, wodurch die sogenannten Uferterrassen zu Stande gekommen sind, welche die nebenstehende Zeichnung zu verbildlichen sucht. Die Entstehung derselben kann theils durch die Annahme einer grösseren Wassermenge des Flusses in früherer Zeit, theils durch die grössere Festigkeit der tieferen Schichten erklärt werden. Hierüber mehr im dritten oder orogenetischen Abschnitte dieses Werkes.

Fig. 44.



Der Uebergang der Thalsohle in die Thalhänge ist selten scharf bezeichnet; der von den letzteren herabrollende Bergschutt macht diesen Uebergang meistens zu einem allmäligen. Doch kommen, namentlich im höheren Gebirge, Fälle vor, wo eine felsige Thalwand, besonders wenn sie aus festen, zähen und der Verwitterung gut widerstehenden Gesteinen besteht, unter hohen und scharfen Winkeln in die Thalsohle einschiesst. Dies kommt gewöhnlich dort vor, wo die Thalsohle einst den Boden eines abgeflossenen oder ausgefüllten Sees bildete.

Was bei der Besprechung der Bergfüsse von den Zehen oder Schleppen, Nasen und Sporen (Seite 65) gesagt wurde, hat auch auf die Thäler seine Anwendung.

83. **Thalformen.** Betrachten wir die Beschaffenheit der Querprofile eines Thales in ihrer Aufeinanderfolge, so werden sich uns verschiedene Thalformen ergeben, die mit verschiedenen Namen belegt werden, so heissen z. B.:

1. Einrisse des Regenwassers in lockeres Erdreich: Siefen und Regenrisse oder Racheln — oben, Seite 64, bereits erwähnt und beschrieben.
2. Mehr oder minder breite Einschnitte in eine plateau-artige Bodenmasse von geringer Tiefe, mit ziemlich breiter, sanftgeneigter Thalsohle und von nahezu gleich hohen Hängen eingeschlossen — Gründe (Plauenscher Grund bei Dresden u. a. m.). In Nieder-Oesterreich ist dieser Ausdruck sehr häufig verwendet.
3. Wannenförmige Aushöhlungen der Bergwände, mit oder ohne andersgestaltete Fortsetzung nach unten, heissen Mulden (Seite 64). Im höheren Gebirge führen derlei Mulden, mit denen die Thäler gewöhnlich ihren Anfang nehmen, wenn

sie gleich unterhalb des Kammes liegen, den Namen Kaare (in Zusammensetzungen auch oft Kor). Sie sind nicht selten ziemlich ausgedehnt, und da sie gewöhnlich feuchter sind als andere convexe Theile des Gebirges, so enthalten sie die besten Alpenweiden, sind aber auch oft bis zum Grunde hinab mit Sturzhalden, und bei noch höherer Lage, mit Schnee und Eis bedeckt; in diesen Fällen heissen sie Schuttkaare, Schnee- oder Eiskaare.

4. Der Runsen und Tobel ist ebenfalls oben, Seite 64, bereits Erwähnung geschehen.

5. Tiefer in den Gebirgkörper einschneidende kurze Seitenthäler, mit eben so kurzen Seitenkämmen zu beiden Seiten und, wegen ihrer relativ geringen Länge, mit mehr oder minder stark geneigten Sohlen, werden Gräben genannt. Diese Bezeichnung ist in den östlichen Alpen sehr gebräuchlich (Adlitzgraben am Semmering, Göss- und Radlgraben bei Gmünd in Kärnthen, Finsinggraben im Zillerthal u. s. f.).

6. Ein enges, auf beiden Seiten von Bergwänden eingeschlossenes Thal ist eine Schlucht; versteilern sich die Gehänge noch mehr, so dass sie zu förmlichen Abstürzen werden, und ist das Thal dabei sehr enge und tief, so nennt man es einen Schlund.

7. Ist ein solcher Schlund das Resultat der Wassererosion, so kann man ihn einen Erosionsschlund nennen. Freilich wird es oft nicht leicht zu entscheiden sein, ob man es in einem gegebenen Falle wirklich mit einem derartigen Schlunde zu thun habe. In vielen Fällen wird dies jedoch keinem Zweifel unterliegen, wie z. B. bei dem Schlunde des Simeto in Sicilien, der sich im Laufe der beiden letzten Jahrhunderte einen 50 F. tiefen Canal in eine sehr feste Lava des Aetna eingenagt hat, oder in Tahiti, wo von den Bächen 1000—3000 F. tiefe Schlünde in vulkanische Massen eingeschnitten worden sind. Nicht minder unzweifelhaft ist der Ursprung des Erosionsschlundes der Goritnica bei der Flitscher-Klause, einige Meilen oberhalb Görz: über einem 300 F. tiefen Abgrunde ist oben von einer Wand zur anderen ein einfacher gemauerter Brückenbogen gespannt. Erosionsschlünde von grossartigster Entwicklung aber sind die sogenannten Cañons im Colorado-Gebiete, am Aravaipa, am Columbia, Fraser, Canadian, südlichen Red River und Wisconsin, so wie am Stiken (Alaska), sämmtlich in Nord-Amerika. Unter allen diesen hat der grosse Cañon des

Colorado die grösste Berühmtheit erlangt. Er ist 300 englische Meilen lang und die Höhe der, diesen riesigen, ewig sonnenlosen Abgrund einschliessenden, meist verticalen und oft sogar überhängenden Felswände wird mit 3000—6000 E. F. angegeben. Aehnliche Cañons haben auch alle Zuflüsse des Colorado, die in den grossen Cañon einfallen, ausgenagt, so dass innerhalb der angegebenen Strecke das ganze Flussnetz aus solchen Schlünden besteht. Auch hier war es augenscheinlich die Erosion, welcher diese Cañons die Entstehung verdanken. Der Oberlauf des Colorado liegt nämlich auf einer Hochfläche, deren Mittelhöhe nicht weniger als 7000 F. beträgt, und es ist begreiflich, dass der Abfall dieses Flusses von einer so grossen Höhe bis nahe zum Niveau des Meeres, seinen Gewässern jene erodirende Kraft verleihen musste, die im Laufe vieler Jahrtausende im Stande war, Wirkungen von der beschriebenen Art hervorzubringen *).

8. Jene Stellen eines Thales, an welchen es sich schlucht- oder schlundartig verengt, um sich nachher wieder zu erweitern, werden, wenn die Verengung von nur geringer Länge ist, Thalengen, bei grösserer Länge Thalkehlen genannt. Diese wie jene sind gewöhnlich mit einer Zunahme des Thalgefälles, und daher mit jenen Beunruhigungen des Wasserlaufes verbunden, die sich nach Umständen zu Wasserfällen oder Stromschnellen ausgebildet haben. Bekanntere Beispiele von Thalengen sind die des Donauthales bei Hainburg und am Bisamberg, des Innthales bei Kufstein und Finstermünz, des Drauthales bei Oberdrauburg und Sachsenburg u. a. — von Thalkehlen: die des Donauthales zwischen Passau und Linz, Mauthausen und Krems, Gran und Waitzen, Kloster Basiasch und Gladowa, die des Rheinthales zwischen Bingen und Koblenz, des Elbethales zwischen Tetschen und Pirna, des Eisackthales am Kunterswege bei Bozen, des Drauthales zwischen Unter-Drauburg und Marburg, des Savethales zwischen Laase (bei Laibach) und Rann u. a. m. Die engsten

*) Siehe über diesen Gegenstand: J. D. Dana „Manual of Geology" 1864, pag. 638, mit einer schönen bildlichen Darstellung des Grossen Cañons, dann „On the Basin of Colorado and the Great Basin of North America", von W. A. Bell und „On the Formation of Fjords, Cañons, Benches, Prairies and Intermittent Rivers" von Robert Brown, beide Aufsätze im 39. Bande des „Journals of the R. Geogr. Society of London", pag. 95 und 121.

Stellen solcher Defiléen werden ebenfalls Pässe genannt, besonders wenn sie mit Befestigungswerken versehen sind, die dann häufig den Namen Klausen führen: Pass Lueg, Pass Werfen, Mandling-, Scharnitz-, Leutasch-, Achenthaler-Pass — Ehrenberger-, Brixner-, Mühlbacher-Klause u. a. m.

9. Eine sehr enge, von senkrechten Felswänden eingeschlossene Thalenge, besonders wenn sie an dem Ausgange eines Thales liegt, pflegt man in den Ostalpen mit dem Namen Klamm zu bezeichnen, z. B. Gasteiner-, Seisenberger-, Zirler-Klamm (letztere bei Innsbruck) u. s. f.

10. Wenn die Thalwände so entschieden zurücktreten, dass daraus eine auffällige, runde oder längliche Erweiterung des Thalbodens hervorgeht, so entsteht ein Thalbecken. Diese Thalform tritt oft an der Vereinigungsstelle mehrerer Thäler auf, in welchem Falle es durch die Abstumpfung der Gebirgs-Ecken an den Enden der Kämme entstanden ist; derlei Thalbecken sind jedoch meistens nur sehr klein. Im Hochgebirge kommen an vielen Orten schöne, sehr ebene, langgestreckte Thalbecken vor, welche an ihrem unteren Ende gewöhnlich klammartig geschlossen, hie und da wol auch versumpft, von steilen, schroff in den Thalboden einfallenden Bergwänden umgeben und überhaupt in einer Art gestaltet sind, dass sie mit Sicherheit als die Böden ehemaliger Seebecken angesehen werden können. Hierher gehören z. B. neben einer grossen Zahl anderer, das schöne $2\frac{1}{2}$ Meilen lange, bis 2400 F. breite, fast horizontale Becken von Hofgastein; ferner das über eine Meile lange, 4500 F. hohe, beinahe ganz wagrechte und theilweise versumpfte Becken von Kemathen in Pfitsch bei Sterzing u. s. f. — Bei Thalbecken von bedeutender Grösse wird die verhältnissmässig ebenso erweiterte ebene Thalsohle eine Thalebene genannt. In keinem Falle aber darf der Begriff des Thalbeckens so weit ausgedehnt werden, dass darunter der des Thales selbst verloren geht. Bei einem Thale bleibt immer das sichtbare Vorhandensein einer in die Länge gedehnten, wenn auch breiten Vertiefung zwischen zwei erhöhten Bodentheilen, also die Sichtbarkeit der beiderseitigen Thalhänge maassgebend; aus diesem Grunde können z. B. die bayrische Hochebene, die ungarische Tief-Ebene oder der böhmische Kessel als Ganzes betrachtet, keine Thalbecken und ihre Sohlen, so weit sie eben sind, keine

Thalebenen mehr genannt werden. — Das Alpenland liefert ausgezeichnete Beispiele schöner Thalebenen und Thalbecken; zu ersteren gehören das Grazer Feld, die Laibacher-, Klagenfurter-, Villacher- und Salzburger Thalebene; das Lienzer-, Brunecker-, Ampezzaner-, Sterzinger-, Leobner-, Judenburger-, Ischler-, Ausseer Becken u. s. w. Eines der ausgezeichnetsten Thalbecken, von denen die geographische Literatur zu erzählen weiss, ist das Ingurbecken auf der Südseite des westlichen Kaukasus; es hat eine Länge von 8—9, eine Breite von 3 deutschen Meilen, ist allenthalben von gletschergekrönten Hochgebirgskämmen, mit Pässen von mehr als 10.000 F. absoluter Höhe, eingeschlossen und mit der Aussenwelt nur durch eine enge, zu Zeiten unpassirbare Thalkehle verbunden *).

11. Beckenförmige Thalbildungen eigener Art sind die sogenannten Circusthäler oder Kesselthäler. Man versteht darunter kreisförmige, oft von sehr hohen, steilen oder lothrechten Felswänden eingeschlossene Gebirgskessel, welche gewöhnlich als Anfänge längerer oder kürzerer Thäler auftreten. Sie kommen am häufigsten in vulcanischen, aber auch in altplutonischen, ja selbst in jüngeren Gebirgen vor und müssen, aus plastischen und geognostischen Gründen, in den meisten Fällen als Folgen des Einsturzes gehobener Massen angesehen werden, worüber im dritten Abschnitte dieser Arbeit Näheres erwähnt werden soll. Das hervorragendste Beispiel dieser Art ist die grosse Caldera auf der canarischen Insel Palma; sie bildet einen ungeheuern, fast kreisrunden, zwei Meilen im Durchmesser haltenden Gebirgskessel, der, in vulcanisches Gestein gebrochen, von einer theilweise 4000 F. hohen verticalen Felsmauer umgeben ist und zuletzt in die tiefe Schlucht des Gran Barranco de las Angustias übergeht. And re Circusthäler von ähnlicher Beschaffenheit sind: das von Teoro auf Teneriffa, von Valle Hermosa auf Gomera, von Tejeda und Tirajana auf Gran Canaria **). Kaum minder gross als die Caldera auf Palma ist das Kesselthal des Val del Bove am Aetna, mit 1000—4000 F. hohen Lavawänden. Hierher gehören ferner

*) „Journey in the Caucasus and Ascent of Kasbek and Elbrus", von Douglas F. Freshfield, im 39. Bande der „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", pag. 50.

**) Siehe: „Reisebilder aus den Canarischen Inseln", von Dr. Carl Fritsch, Ergänzungsheft von Petermanns „Geogr. Mitth." 1867.

die Cirques des Cantal und Mont Dore in Frankreich, die der Seen von Albano und Nemi in Italien u. a. — Die Cirques oder Oules der Pyrenäen sind Einsturzthäler ähnlicher Art in älteren plutonischen Erhebungsmassen; man zählt hier deren sieben blos auf der französischen Seite, unter denen die Oule de Gavarnie ihrer Grossartigkeit wegen am berühmtesten ist *). Dieser Circus hat einen Umfang von einer halben Meile; sein Boden liegt 4400 F. ü. M. und aus demselben erheben sich im Kreise die Wände des Granites in verticalem Ansteigen noch um 4300 F. höher, bis zu einem terrassenförmigen Absatze empor, auf welchem die Gletscherenden des Marboré und Montperdu lagern, und über den sie ihre Wasserabflüsse in vielen Cascaden auf den Boden des Kessels hinabschütten; aus dem nahen Hintergrunde aber blicken die eisbedeckten Zinnen der genannten Hochgipfel, halb sichtbar, halb verdeckt, in den Circus herein. — Noch grossartiger, wenn auch typisch weit weniger vollendet, ist der $1^1/_4$ Meile im Durchmesser haltende Circus von Macugnaga am Ostgehänge des Monte Rosa, als Anfang des Anzasca-Thales, dann jener von Breuil am Südfusse des Matterhorn (Mont Cervin) am Anfange des Val Tournanche, beide in Piemont. B. Studer zählt noch eine Zahl ähnlicher Erscheinungen aus den Mittelalpen auf **), die sich bezüglich der Ostalpen noch durch mehrere nicht minder giltige Beispiele leicht vermehren liesse ***).

12. Wenn wir endlich den Begriff des Thales, entgegen seiner eigentlichen und engeren Bedeutung, bis dahin erweitern, wo er mit jenem eines Strombeckens zusammenfällt, so erhalten wir das Stromthal.

13. Zu den beckenartigen Formen müssen ferner noch die Maare sowie die Kesselthäler und Dollinen des Karstlandes gerechnet werden. Die Maare sind vulcanische Krater ohne Eruptionskegel, Explosionskrater, nahezu kreisrund, mit einem Durchmesser von 100—2000 F., zuweilen von einem niedrigen

*) Siehe: „Die landschaftlichen Reize der Pyrenäen im Vergleiche zu den Alpen“, von Oblt. Ruith. „Ausland“ Nr. 4, pag. 76. Die anderen sechs Oules sind: O. d'Estaubé, de Troûmouse, de Bielsa, de la Val de Lys, de Lhéris und de Bédat.

**) B. Studer: „Lehrbuch der physik. Geographie und Geologie“. I. 388.

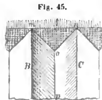
***) Dies wird im 3. Abschnitte geschehen.

Erdwall umgeben, bis zu 300 F. tief und gewöhnlich mit Wasser gefüllt. Sie kommen am häufigsten in der Eifel (Pulver-, Gmündner-, Weinfelder-, Meerfelder- und Uelmenmaar), dann auch in Italien, Frankreich, auf der Insel Oesel u. a. a. O. vor. Von den Kesselthälern und Dollinen des Karstlandes ist oben, bei der Beschreibung des Karstlandes bereits gesprochen worden, doch werden solche Hohlformen auch in anderen Gegenden angetroffen, wie z. B. auf den Plateaux der alpinen Kalkstöcke, in Mähren, am Harz, in Jütland, Russland, Süd-Frankreich und am Missouri in Nord-Amerika.

84. **Thalanfang, Thalgefälle, Thalhöhe, Thallänge.** Wir kommen nunmehr zu jenen Merkmalen und Verschiedenheiten der Thalbildung, die sich in dem Längenprofile des Thales aussprechen. Diese Merkmale sind: der Thalanfang, die Gefällsverhältnisse der Thalsohle, die absolute Höhe des Thales und die Thallänge.

85. **Hintergehänge des Thales.** Wenn wir uns ein Thal als von zwei Nebenketten, welche von einem Hauptkamme auslaufen, eingeschlossen vorstellen, so bezeichnen wir als das Hintergehänge des Thales denjenigen Gehängtheil des Hauptkammes, der dem in Rede stehenden Thale angehört. Das Hintergehänge ist demnach weder ein Bestandtheil des rechtsseitigen, noch des linksseitigen Kammgehänges, sondern es gehört einem dritten, d. h. dem Hauptkamme an, der zwischen jenen beiden Gehängen im Hintergrunde des Thales liegt und dasselbe nach oben abschliesst. Ist in dem nebenstehenden schematischen Bilde Fig. 45 *A* der Hauptkamm, und sind *B* und *C* die beiden Nebenkämme, welche das Thal *o p* einschliessen, so ist das Dreieck *mno* das Hintergehänge und *o* ist der Ursprung oder Anfang des Thales *op*. Der Thalursprung ist demnach der höchste, von der Thalmündung (nach dem Laufe der Thalsohle gemessen) entfernteste Punkt der Thalsohle.

Fig. 45.



Für einige, später (im orometrischen Abschnitte) näher zu erörternde, nicht unwichtige orographische Bedürfnisse wird es in der Natur oft nothwendig sein, den Punkt des Thalursprungs so genau als möglich festzustellen. Die Sache ist nämlich nicht immer so leicht, als es nach der obigen Zeichnung scheinen mag, und dies ist auch die Ursache, wesshalb in dieser Hinsicht verschiedene

Ansichten geltend gemacht wurden. Zunächst lässt sich wol ohne Bedenken behaupten, dass irgend ein Punkt nicht einer Thalsohle und einem Kamme zugleich angehören kann. Ist dieser Satz wahr, so wird es folgerichtig auch nicht gestattet sein, den Anfangspunkt des Thales oder den Thalursprung auf das Hintergehänge des Thales zu verlegen, selbst wenn dieses die Form einer sanft ansteigenden Mulde hat. Denn in solchem Falle wird sich sehr oft kein bestimmter Ort als natürlicher Anfangspunkt des Thales darbieten; wer aber einen solchen sucht, der wird dann leicht bis auf den Sattel zurückweichen, und eben dadurch zu der oben erwähnten paradoxen und unstatthaften Annahme gelangen.

Wenn nun, wie es sich von selbst versteht, das Gehänge physisch zum Kamm gehört, so ist das offenbar auch bei dem Hintergehänge der Fall; es darf sonach der Thalursprung nur am Fusse dieses Gehänges gesucht werden, und der Umstand, dass dieser Fuss praktisch nicht immer leicht auszumitteln ist, kann wol der Richtigkeit der Theorie keinen Eintrag thun.

Nun, in sehr vielen, ja sogar in den meisten Fällen, wird der Fuss des Hintergehänges ohne Mühe und ohne wesentlichen Fehler zu ermitteln sein. Ich selbst bin, bei meinen zahlreichen hypsometrischen Arbeiten im Hochgebirge, in dieser Beziehung niemals einem besonderen Anstande begegnet. An Ort und Stelle hat sich durch den Anblick aller drei Gehänge und des Thales selbst, der Ursprungsort des letzteren allemal leicht ausfindig machen lassen. Ist jedoch irgendwo die Abdachung des Hintergehänges ungewöhnlich sanft, was nur im niederen, nie aber im höheren Gebirge vorkommen kann, so scheint mir die Bestimmung des Thalanfangs dadurch leicht ausführbar, dass man von einem etwas entfernten Thalpunkte durch eine Visur über die Thalsohle hinweg und parallel mit dieser, den fraglichen Punkt am Hintergehänge bezeichnet.

Die Form des Hintergehänges ist verschieden; bald ist es eine schmale Rinne, die schon als solche beginnt und nur wenig verändert den Fusspunkt erreicht, was dort vorkommt, wo zwei Kämme unter sehr spitzen Winkeln sich vereinigen und das Hintergehänge gleichsam verdrücken, — bald ist es eine einfache, kleinere oder grössere Mulde, die entweder als solche in den breiten, oder zu einer Rinne zusammengezogen in den eben so engen Thalanfang übergeht. In vielen anderen Fällen, besonders wenn zwei Nebenkämme unter rechten Winkeln von ihrem Hauptkamme auslaufen,

ist das Hintergehänge eine mehr oder minder breite, dreieckige Fläche, die in Mulden und Runse mannigfach getheilt, in der Mitte, d. h. in der Verlängerung der Thalaxe, gewöhnlich eingetieft ist, und im äussersten Hintergrunde, nämlich am Hauptkamme, eine entsprechend tiefe Einsattlung zeigt. Es wäre müssig über alle diese unterschiedlichen Ausbildungsformen des Hintergehänges Beispiele anzuführen. In selteneren Fällen, namentlich aber bei den früher erwähnten Circusthälern, erscheint das Hintergehänge als ein breiter Halbkreis mit ungetheilten, schroffen oder vertikalen Wänden, oder es ist radienartig in eine grössere Zahl von Thalrinnen zerschnitten, wodurch, bei einiger Steilheit der Gehänge und besonders wenn die Kämme und Hochmulden vergletschert sind, amphitheatralische Thalschlüsse von überraschender Zierlichkeit und Grossartigkeit zu Stande kommen. Von dieser Art sind z. B. die schönen, breiten, vielrippigen, einen Halbkreis umfassenden Hintergehänge des Hüttwinkel- und des Seitenwinkelthales in Rauris, dann der prachtvolle Eiscirkus des Pasterzengletschers in Kärnthen, ferner die grossen Firnbecken des Gorner- (Zermatt-) und des Gross-Aletschgletschers in der Schweiz, u. a. m.

86. Gefällsverhältnisse der Thäler. Die Gefällsverhältnisse der Thäler sind nicht minder einer grossen Mannigfaltigkeit unterworfen. Bei manchen Thälern ist das Gefäll schwach, bei anderen stark; bei diesen ist es vom Anfange bis zum Ende ziemlich gleichförmig, bei jenen setzt die Thalsohle gleichsam sprungweise zur Tiefe nieder; hier ist das grössere Gefäll auf die höheren, dort auf die tieferen Regionen des Thales vertheilt — alles dies in den verschiedensten Maassen und Combinationen.

Was die geometrischen Elemente, die bei der Betrachtung der Gefällsverhältnisse der Thäler von Bedeutung sind, anbelangt, so nennt man in der nebenstehenden Zeichnung, die das Längenprofil eines Thales repräsentirt, *ac* oder die Höhendifferenz zwischen dem Thalursprung und der Thalmündung, die Fallhöhe des Thales, φ, d. i. das Maass des Winkels, den die zu einer geraden Linie ausgespannte Thalsohle mit dem Horizonte einschliesst, das Thalgefälle. Dieses letztere erhält man leicht durch den Ausdruck $\tang \varphi = \frac{ac}{bc}$. In dem Diagramm ist ferner *ab* die Thalsohle, *bc*

Fig. 46.



die horizontale Projection der letzteren oder die Thallänge, *a* der Thalursprung und *b* die Thalmündung oder der Thalausgang. Anstatt Thalgefälle kann man sich, bei der angegebenen Ausdrucksweise desselben, auch des Wortes Fallwinkel des Thales bedienen.

Wie wichtig das Maass sowie die Vertheilung des Thalgefälles ist, bedarf kaum einer näheren Auseinandersetzung. Es dürfte wol Wenigen unbekannt sein, mit welchen Gefahren für Leben und Eigenthum das rapide Gefäll mancher Thäler die tiefer liegenden Gegenden bedroht. Die Ueberschwemmungen sind grösstentheils, die verheerenden Schlammströme und Murbrüche sind ausschliesslich Wirkungen desselben. Es ist ferner für viele Thäler im höheren Gebirge nicht einerlei, auf welche Art das allgemeine Gefäll über die Länge des Thales vertheilt ist. So wird z. B. die Fruchtbarkeit und Bewohnbarkeit zweier Thäler von gleichen Anfangs- und Ausgangshöhen eine sehr verschiedene sein, wenn bei dem einen der grössere Theil seiner Fallhöhe auf den oberen, bei dem anderen aber auf den unteren Theil der Thallänge verlegt ist; jenes wird relativ kalt, dem Ackerbau unzugänglich und unbewohnt, bei diesem wird von all dem das Gegentheil der Fall sein.

Im Allgemeinen haben die langen Thäler ein geringes, die kurzen ein starkes Gefäll.

Bei sehr langen Thälern, wie z. B. beim Innthal von seinem Ursprunge bis Kufstein, bei dem der Rhone bis Lyon u. dgl., beträgt das Gefäll im Ganzen nur wenige Minuten, bei kürzeren Thälern erhebt es sich auf einige Grade und bei noch kürzeren kann es auf 16 bis 18 Grad steigen. Im höheren Gebirge ist die Neigung der Runse und Tobel die der Thalhänge selbst.

Was die Vertheilung des Gefälls auf die verschiedenen Strecken des Längenprofils anbelangt, so erscheint dieselbe theils von der Länge des Thales, theils von der Structur des Bodens abhängig, welcher von der Thalfurche durchschnitten ist. Lange Thäler haben in der Regel ein mehr gleichförmiges, kurze ein mehr abwechselndes Gefäll. Doch kommen nicht selten Ausnahmen vor. So hat der Rhein seinen Fall bei Schaffhausen und seine Stromschnellen bei Laufenburg, Rheinfelden und Bingen, die Donau hat ihre Stromschnellen bei Grein und innerhalb ihres letzten Durchbruchs zwischen Basiasch und Gladowa, der Dnjepr seine 13 Porogi bei Jekaterinoslaw, der Nil, der Orinoco, der Amazonenstrom haben ihre Katarakte, Raudales und Pongos, was alles ebenfalls nur Strom-

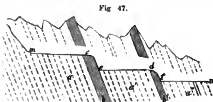
schnellen bedeutet. Immer aber finden derlei rasche oder plötzliche Steigerungen des Thalgefälles dort statt, wo das Thal einen quer vorliegenden Gebirgswall durchbrochen und der Fluss noch nicht hinreichend Zeit gehabt hat, die Sohle des Thales auszuebnen. Dafür haben, unter vielen anderen Querthälern, das Langtauferer- und Pitzthal, das Stubay-, Ziller-, Gurk- und Lavantthal, durchaus Thäler von relativ geringer Länge, ein auffallend gleichförmiges Gefälle.

Bei allen Thälern, seien sie lang oder kurz und sei die Structur des Gebirges in Beziehung auf die Thalrichtung wie sie wolle, ist das Gefälle in der Nähe des Hintergehänges am grössten. Hier wo die Fallthätigkeit des Wassers beginnt und die Ansammlung desselben auf der Thalsohle am geringsten, ist sein erodirender Einfluss auf diese letztere am schwächsten. Weiter abwärts hängt ihre Gestaltung wesentlich von der Streichungsrichtung der Gesteinschichten ab. Fällt diese Richtung mit der der Thalsohle zusammen, so wird diese im Allgemeinen einer und derselben Schichte oder wenigstens einem und demselben Formationsgliede folgen; die Erosionswirkung wird demnach überall dieselbe und das Thalgefäll ein gleichförmiges sein.

87. **Thalterrassen, Thalstufen.** Wird jedoch die Thalrichtung von den Structurflächen des Gebirges schief oder senkrecht geschnitten, so muss die Thalsohle fortwährend auf andere Gesteinschichten übergehen, die, durch ihren ungleichen Widerstand gegen die Erosion, hier eine langsame, dort eine raschere Ausnagung des Thales bedingen und dadurch eine ungleichförmige und, bei grossen Unterschieden in der Gesteinsfestigkeit, oft sogar eine sprungweise Vertheilung des Thalgefälles herbeiführen werden.

Es sei in dem nebenstehenden Längendurchschnitte eines Thales, *mn* die Thalsohle, *a*, *a'* und *a''* seien Schichten, die das Thal quer durchsetzen und der Erosion nur wenig widerstehen, *b*, *b'* seien jedoch Schichten, die aus festen, von der Erosion weit weniger angreifbaren Gesteinen (Quarz, Serpentin, quarz- und hornblendreicher

Fig. 47.



Gneiss, Talk und dergleichen) bestehen, so werden diese letzteren Straten, offenbar die Ausnagung der oberhalb gelegenen Thalstrecken

bis auf das Niveau ihrer Schichtenköpfe (in *c* und *d*) von Seiten des Baches zulassen, jede fernere Erosion aber verhindern, diese jedoch in den unterhalb gelegenen Theilen der Thalsohle nicht verwehren können. Dadurch entsteht jene stufenförmige Ausbildung der Thäler, die im höheren Gebirge bei den später zu erwähnenden Querthälern, wenn sie von den Structurflächen des Gebirges auf die angegebene Weise gekreuzt sind, eine gewöhnliche ist und die landschaftliche Schönheit derselben nicht wenig fördert. Es ist begreiflich, dass die Stufen bei *c* und *d* von den Bächen oder Flüssen nur in Wasserfällen übersetzt werden, und dass die weitere Austiefung der Thalsohle von der Erosion jener Schichtenköpfe abhängt.

Wir nennen die durch die erwähnten rapiden Senkungen der Thalsohle unterbrochenen, schwachgeneigten und oft auch horizontalen Thalstrecken *mc*, *ed* und *fn* Thalterrassen, die Senkungen *ce* und *df* Thalstufen oder Thalabsätze. Die Sohle der Thalterrasse kann breit oder schmal, die Thalstufe gegen den Horizont mehr oder weniger geneigt sein; ist diese Neigung gross, so wird ein Wasserfall, ist sie gering, so wird ein Katarakt oder eine Stromschnelle entstehen.

Die Alpen liefern in ihren Querthälern ausgezeichnete Beispiele von Stufenbildungen. So macht das Aarthal oberhalb Meyringen jene Stufe, die durch den Handeckfall bezeichnet ist. In den Ost-Alpen erleidet z. B. das Pfitscherthal bei Afens einen Sturz, durch welchen die obere Thalterrasse von Kemathen auf ein mindestens 1200 Fuss tieferes Niveau herabsinkt. So ist ferner das nahe an 6 Meilen lange Gasteinerthal durch vier meist mit prachtvollen Wasserfällen ausgestattete Thalstufen in eben so viele Terrassen getheilt; zu jenen gehören die berühmten Cascaden von Gastein 630 und von Lend 200 Fuss hoch, zu diesen die bereits erwähnte, mit 18 Ortschaften geschmückte Thalterrasse von Hofgastein. Noch ausgezeichneter durch Höhe und Steilheit ist die Stufe des Krimmler Achenthales bei Krimml, die den Fluss zu dem berühmten, über 1600 Fuss hohen Wasserfalle nöthigt. Gleichartige, ebenso scharf markirte Terrassen weisen das Kapruner-, Stubach-, Gerlos-, Pasterzenthal (oberster Theil des Möllthales) u. a. auf. — In anderen höheren Gebirgen ist die Stufenbildung grosser Querthäler in noch viel bedeutenderem Maasse entwickelt. So spricht Freshfield von einem 4000 Fuss tiefen Gletschersturze auf der Südseite des Kaukasus*).

*) „Journey in the Caucasus and Ascent of Kasbek and Elbruz", von D. W. Freshfield. „Journal of the R. Geogr. Soc. of London", Band 39, pag. 50.

88. **Länge der Thäler.** Was endlich die Thallänge anbelangt, so ist auch diese selbstverständlich ungemein verschieden. Bei grossen, stark verlängerten Gebirgszonen, werden diejenigen Thäler, welche parallel mit der Längenaxe derselben streichen oft eine sehr grosse, die querlaufenden hingegen eine verhältnissmässig geringe Länge erreichen. Bei kleineren Gebirgen werden natürlich alle Thäler kurz ausfallen. Die längsten Thäler auf Erden scheinen folgende zu sein:

das	Thal	des	Yang-tse	ungefähr	400	geogr.	Meilen	lang
„	„	„	Hoang-ho	„	350	„	„	„
„	„	„	Brahmaputra	„	300	„	„	„
„	„	„	Saluën	„	200	„	„	„
„	„	„	Indus	„	150	„	„	„
„	„	„	Rio grande	„	150	„	„	„

Das längste Thal in Europa ist wol das Rhonethal, bis zu seinem Austritte in die Ebene von Lyon 50 Meilen lang; hierauf folgen:

das Drauthal	bis	Warasdin	45,
„ Innthal	„	Rosenheim	40,
„ Savethal	„	Agram	30 und
„ Rheinthal	„	Bregenz	25 geogr. Meilen.

Hier sind überall die eigentlichen Thäler, nicht aber die Stromthäler oder Strombecken verstanden.

89. **Eintheilung der Thäler, Haupt- und Nebenthal.** Die Thäler werden auf verschiedene Weise eingetheilt.

Durch die Bezeichnung Haupt- und Nebenthal drückt man, wie etwa bei Haupt- und Nebenfluss, das Verhältniss der Ueber- und Unterordnung aus. Das Hauptthal wird das grössere, längere, oder unter sonst gleichen Umständen, dasjenige sein, welches, an der Vereinigungstelle mit dem Nebenthale, seine bisherige Richtung entweder gar nicht oder um ein Geringeres als dieses ändert. Das Nebenthal wird demnach eben so wie der Nebenfluss seinen Namen verlieren. Da das Hauptthal, wie gesagt, das längere ist, so wird es gewöhnlich auch das dem Volumen nach bedeutendere Gewässer führen und ein geringeres Gefäll besitzen als das Nebenthal.

Aus dem angegebenen Grunde kann irgend ein Thal als Nebenthal eines grösseren und zugleich als Hauptthal für ein noch kleineres angesehen werden. So ist z. B. das Lauterbrunnerthal ein Nebenthal des Aarthals und zugleich das Hauptthal für das Grindel-

waldthal; eben so ist in Tirol das Iselthal ein Nebenthal des Drauthals, dagegen das Haupthal für das Defereggenthal, dieses aber wieder das Hauptthal für das Grünalpen- und das Troyerthal so wie für alle auderen kleinen Thäler, die in dasselbe ausmünden.

In manchen Fällen hat jedoch der Gebrauch unrichtig entschieden, und für das vereinigte Thal den Namen des kleineren, weniger bedeutenden oder von der Seite einfallenden Thales beibehalten. Dies ist insbesondere dort geschehen, wo sich die Thalsohle mit scheinbar grösserer Evidenz, von der Vereinigungsstelle hinweg, in das Nebenthal hinein fortsetzt. So behält z. B. die Isel ihren Namen oberhalb des Thalzwiesels bei Windisch-Matrei nicht nach der Richtung des Tauern-, sondern nach der des Virgenthales bei, und eben so verändert sich der Name des Thales unrichtig oberhalb der Breitlahnerhütte im Zemmthale (Zillerthaler-Alpen). In anderen Fällen aber hat der Instinct des Volkes in merkwürdiger Weise das Richtige getroffen, wie z. B. bei Gossensass mit dem vom Brenner herabkommenden Eisackthale, bei Wald im obersten Salzathale, wo die grössere Wassermasse und Länge des Krimmler-Achenthales, über die geradlinige Fortsetzung des ersteren gegen Ronach und das Verharren desselben auf tieferem Niveau, den Sieg nicht davontragen konnte u. s. f.

90. Es kommen jedoch nicht eben selten Beispiele vor, wo zwei sich vereinigende Thäler, in Richtung und Länge, in Breite, Gefäll und Wassermenge eine solche Aequivalenz an den Tag legen, dass es unmöglich ist zu entscheiden, welches dieser beiden Thäler als Haupt- und welches als Nebenthal anzusehen sei. Es blieb da wol nichts anderes übrig, als das aus der Vereinigung entstandene neue Thal mit einem besonderen Namen zu belegen. So entstand aus dem Werra- und Fuldathale das Weserthal, aus dem Brege- und Brigachthale das Donauthal, aus dem Fender- und Gurglerthale das Oetzthal, aus dem Rofner- und Spiegelthale das Fenderthal, aus dem Mittelberger-, Rappenalpen- und Trettachthale das Illerthal, aus dem Zillergrund, Stillup-, Zemm- und Tuxerthale das Zillerthal, aus dem Nikolai- und Saaserthal das Vispthal u. a. m. Nach dem Vorgange bei Flüssen kann man die erwähnten, gleichwerthigen oberen Arme eines Thales Quellthäler oder Ursprungsthäler nennen. Die Theilung eines grösseren Thales nach oben in zwei äquivalente Arme, und insbesondere den Ort, wo dies geschieht, pflegt man als Thalzwiesel zu bezeichnen.

Das Wort Seitenthal bleibt identisch mit Nebenthal, wenn

es von minderer Bedeutung ist und dem Hauptthal entschieden zur Seite liegt.

Es ist übrigens ein technisches Bedürfniss, den Sinn von Haupt- und Nebenthal auf die angegebene Weise zu beschränken. Es würde wenig nützen, die Bedeutung dieser Worte etwa auf geologische oder andere orographische Merkmale ausdehnen zu wollen; man wäre dann genöthigt, das durch jene Worte ausgedrückte einfache Verhältniss der Ueber- und Unterordnung durch eine unbequeme Umschreibung zu ersetzen.

91. **Längen-, Quer- und Diagonalthäler; Längen- und Quersättel.** Eine zweite wichtigere Eintheilung der Thäler ist die in Längen-, Quer- und Diagonalthäler.

Unter Längenthälern werden jene Einschnitte in das Gebirge verstanden, welche mit der longitudinalen Axe desselben parallel laufen. Sie kommen in grossen kristallinischen Eruptivmassen so gut als in ausgedehnten zusammengesetzten Gebirgen dort vor, wo die transversale Gliederung in die parallele übergeht; in Kettenzonen sind sie selbstverständlich die herrschende Thalform. Geologisch genommen sind sie theils longitudinale Einrisse in ein langgestrecktes Erhebungsgebiet massiger oder geschichteter Gesteine und dabei oft Linien grossartiger Verwerfungen, theils sind sie sogenannte Faltungsthäler, hervorgegangen aus der Action eines mächtigen Seitendruckes, der eine weite Zone in ein System von Falten, die auf die Richtung des Druckes senkrecht stehen, zusammengeschoben hat.

Aus der Lage der Längenthäler folgt, dass ihre Gefälle in der Regel keine grossen sind. Sehr oft liegen zwei oder mehrere Längenthäler in einer und derselben geraden Linie, so dass auf den Karten das eine als die Fortsetzung des anderen erscheint. Kommen sie sich dabei mit ihren Ursprüngen, oder sonst wie, sehr nahe, so sind sie in der Regel durch tiefe Sättel, welche man Längensättel nennt, verbunden. So streichen in der Schweiz das Rhone-, Urseren- und Rheinthal von Martigny bis Chur in einer fast schnurgeraden Linie, und sind unter sich durch die relativ niedrigen Sättel des Furka- und des Oberalppasses verbunden; dasselbe ist mit dem Bergellthale und dem Engadin der Fall, welche beiden Längenthäler durch den nur 5700 F. hohen Malojasattel in Verbindung stehen. In den Ostalpen bilden ebenso das Gerlos-, Salza- und Ennsthal eine gerade Linie, in welcher der Gerlossattel (4400 F.) und der Wagrainersattel (circa 4000 F.) die Communica-

tionen zwischen diesen Thälern vermitteln. Der tiefste dieser alpinen Längensättel aber ist das Toblacherfeld, 3700 P. F. hoch; er verbindet das Drau- mit dem Rienzthal und liegt kaum 100 F. über den Ursprüngen dieser beiden Längenthäler. — In den grossen Gebirgen Asiens und Amerikas erreichen die Thäler dieser Gattung oft eine ausserordentliche Entwicklung. Das längste einigermaassen bekannte Längenthal ist das des Yaru-dsang oder Brahmaputra; bis zu seinem Durchbruche durch den Himalaya hat es eine Länge von nahe an 200 Meilen; hierauf folgen ungefähr: das des Magdalenenflusses in Süd-Amerika mit 125, des oberen Indus, des Rio grande und des Tunguragua (oberer Marañon) mit 120, des Kur mit 80, des Tenessee mit 60, des oberen Orangeflusses mit 50, des Setledsch mit 40 geogr. Meilen Länge u. a. m.

Es gibt aber auch kurze und sogar relativ sehr kurze Längenthäler, die wegen ihrer Richtung unbedingt als solche anerkannt werden müssen, wie dies z. B. bei dem Urseren-, dem Bergell-, dem Gerlosthal u. a. der Fall ist. Von solchen Exemplaren wird natürlich gefordert werden, dass sie die Merkmale ihrer Gattung in hervorragender Weise an sich tragen, wie z. B. eine Lage dicht an der longitudinalen Axe, ein Durchbruch durch einen Querkamm u. dgl. — Dass zu den Längenthälern nicht auch die kurzen, in die Nebenketten eingeschnittenen und deshalb mit der longitudinalen Axe ebenfalls parallel laufenden Seitenthäler gerechnet werden dürfen ist wol an sich klar, da ihre Beziehung zu dem Kamme dem sie angehören klar genug vorliegt. Zu den Kriterien eines Längenthales gehört übrigens noch die Art seiner Entstehung, die eine andere ist als jene der kurzen Seitenthäler.

Querthäler nennt man jene grossen Thaleinschnitte, welche auf die mehrgenannte Axe des Gebirges senkrecht stehen. Sie sind demnach mit der transversalen Gliederung nothwendig verbunden, und werden hier so oft angetroffen, als es transversale Nebenkämme gibt. Sie haben ihren Ursprung am wasserscheidenden Hauptkamme, sind über diesen hinüber gewöhnlich durch hohe *Quersättel* mit den gleichartigen Thälern des jenseitigen Gehänges verbunden, haben wegen der Höhe ihres Ursprungs und ihrer relativ geringen Länge ein starkes Gefäll, und fallen senkrecht oder unter grossen Winkeln in die Längenthäler ein.

Sie kommen aber auch in den sogenannten Kettenzonen und in den parallel gegliederten Theilen von Massengebirgen an jenen Orten vor, wo die Parallelketten von der Hebung quer durchrissen

worden sind. Diese Stellen werden von den im Innern des Gebirges entspringenden Gewässern als Abflusswege benützt. Hierher gehören unter unzähligen anderen: das Rheinthal zwischen Chur und Bodensee, das Reussthal abwärts von Andermatt, das Innthal zwischen Kufstein und Rosenheim, das Thal der Kitzbüchler-Achen, das Thal der Saal oder Saalach, das Salzathal abwärts von St.-Johann, das Ennsthal zwischen Hieflau und Stadt Steyer, ferner die vielen Querthäler im Jura, hier Combes genannt, bei Moutier, Biel, Chaux de Fonds, Locle, Valenzin, Orbe u. s. f.

92. Kleinere Querthäler, die zwar senkrecht in die Längenthäler ausmünden, jedoch nicht am inneren Hauptkamme, sondern in der Gabel eines sich theilenden Nebenkammes entspringen, werden wir Querthäler der 2. Ordnung nennen, zum Unterschiede von den früher beschriebenen, die wir als Querthäler der 1. Ordnung ansehen. Das Oetzthal, Zillerthal, Fuscher-, Rauris- und Gasteinerthal sind Querthäler der 1., das Schlandernaun- und Zielthal in der Oetzthaler Gruppe, das Wolfsbach- und Mühlbachthal im Pinzgau sind Querthäler der 2. Ordnung. Zu letzteren müssen auch die am Hauptkamme entspringenden und nach kurzem Verlaufe in die grossen Querthäler einfallenden, kleineren gerechnet werden. — Vereinigen sich zwei grössere Querthäler vor ihrer Mündung in das Längenthal, so wird nach Umständen auch das kleinere von beiden als Querthal 1. Ordnung angesehen werden können; so ist z. B. das Kalserthal eben so gut ein Querthal 1. Ordnung als das Iselthal, und das Gurglerthal eben so gut ein solches als das Fenderthal. Alle anderen kleineren, auf Nebenkämmen entspringenden und in die Querthäler der 1. und 2. Ordnung austretenden Seitenthäler, lassen sich, wenn nöthig, als Querthäler der 3. Ordnung classificiren.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass auch bei parallel gegliederten Gebirgen, u. z. innerhalb breit hingelagerter Massen, Querthäler aller drei Ordnungen vorkommen können. Die oben erwähnten, eine oder mehrere Parallelketten quer durchsetzenden und von den Gewässern als Abflusscanäle benützten Spalten werden Durchbruchthäler genannt.

Als Diagonalthäler endlich werden wir diejenigen Querthäler auffassen, welche mit der longitudinalen Axe des Gebirges einen sehr schiefen Winkel einschliessen. Dies ist z. B. mit dem Thale der Enz im Schwarzwalde, mit dem Gierthale bei St. Etienne in Frankreich, mit dem Fleimserthale in Tirol, dem Thale von

Mitterndorf zwischen Aussee und der Enns, dem Eisenerzer- und Vordernberger-Thale bei Leoben, dem Canalthale zwischen Tarvis nnd Pontafel und vielen anderen der Fall. Greift dabei der Sattel sehr tief in das Gebirgsmassiv ein, so entsteht ein doppelseitiges Diagonalthal, wie z. B. bei dem Liesing-Paltenthale zwischen Enns und Mur bei Rottenmann, wo der höchste Punkt zwischen den beiden Abdachungen des Thales (bei Wald) mit freiem Auge nicht zu erkennen ist; auch das oben genannte Canalthal gehört hierher.

Man kann schliesslich durch divergente und durch Radialthäler das, bei der gleichnamigen Gliederungsform des Gebirges dem Streichen der Kämme, conforme Verhältniss in der Lage der Thäler gegen einander bezeichnen.

93. **Doppelseitige Querthäler.** Unter den Querthälern gibt es einige wenige, bei denen der Sattel am Thalursprunge so tief in den Gebirgskörper einschneidet, dass der Einschnitt selbst auf der Höhe des Passes den Charakter eines Thales nicht verliert und sich demnach beinahe unverändert — mit Ausnahme des grösseren Gefälles — von der einen Seite des Gebirges auf die andere fortzusetzen scheint. Diesem Verhältnisse hat das Volk hie und da dadurch Rechnung getragen, dass es beide Thäler dies- und jenseits des Sattels mit einem und demselben Namen belegt hat. So heissen das Sillthal nördlich und das Eisackthal südlich des Brenner bis Brixen zusammen das Wippthal. Dasselbe ist auch bei einigen Längenthälern geschehen, wie z. B. bei dem Drau- und dem Rienzthal, welche zusammen das Pusterthal genannt werden; bei dem Thale von Judicarien, das von Bondo weg einerseits nach Tione gegen die Sarca und andererseits nach Condino gegen die Chiese abdacht u. a. — Querthäler der beschriebenen Art wollen wir als doppelseitige Querthäler bezeichnen. Andere Beispiele solcher Thäler, neben dem oben genannten Wippthale, sind: das Querthal von Nauders, jenes am Seeberge bei Seewiesen u. a. m. Da fast alle Querthäler in Wirklichkeit doppelseitig sind, d. h. am jenseitigen Gehänge ein correspondirendes Querthal finden, so bleibt der vorgeschlagene Name nur für jene Fälle reservirt, bei denen der Sattel die angegebenen Eigenschaften besitzt.

94. **Verlauf der Thäler.** Wenn wir bei der hier vorgeführten Analyse der Thäler, die letzteren in Längen-, Quer- und Diagonalthäler eintheilten, dabei aber Theile des Rhein-, Inn-, Salza- und Ennsthales als Längen-, und andere Theile derselben Thäler als

Querthäler zu qualificiren genöthigt waren, so liegt darin weder ein Versehen, noch eine Unmöglichkeit ausgesprochen, sondern es offenbart sich dadurch die einfache Thatsache, dass die Flussläufe, denen der Name der Thäler zu folgen pflegt, sich nicht immer durchweg blos an ein Längenthal oder blos an ein Querthal halten, sondern dass sie, oft unter wiederholtem Wechsel, z. B. in einem Längenthale anheben, in diesem eine Weile lang verbleiben, sich dann mit einer mehr oder minder scharfen Wendung in ein Querthal werfen, um später vielleicht wieder in ein Längenthal überzugehen. Dies mag uns zeigen, dass das Furchensystem des Gebirges, aus welchem sich später das Thalnetz entwickelte, durch andere Kräfte und Vorgänge vorgezeichnet wurde als durch die Erosion allein, und dass das Wasser zur Herstellung seiner Abflusswege abwechselnd jene Lang- und Querfurchen benützte, die seiner Fallthätigkeit den geringsten Widerstand darboten. So sehen wir z. B. das Thal der Salza am Salzachkopf als Querthal beginnen, sich bei Ronach in ein über 11, Meilen langes Längenthal verwandeln, um zuletzt bei Sct. Johann, mit einem scharfen Umbuge, als ein enges, von steilen Wänden und grotesken Felsbildungen umschlossenes Querthal sich gegen Norden zu wenden und die den centralen Urschiefern angelagerten, hochaufgethürmten Gebilde der Uebergangs-, Trias- und Juraformation zu durchbrechen. Aehnliche Verhältnisse zeigen alle anderen vorgenannten, und noch sehr viele hier nicht genannten Thäler in allen grösseren und kleineren Gebirgen.

95. **Gebirgsdurchbrüche***). In vielen Gebirgen, insbesondere aber in den aus Kalk zusammengesetzten, kommen nicht selten Kammeinschnitte vor, die mehr oder minder weit unter das einem Kammsattel noch zukommende Niveau in den Gebirgskörper eingreifen, oder diesen oft wol auch ganz, d. h. bis auf die Tiefe des nebenan liegenden Thales durchschneiden, und dann von den im Innern des Gebirges entspringenden Gewässern dazu benützt werden, um nach Umständen in ein mehr nach Aussen liegendes Längenthal oder in das Flachland heraus zu treten. Derlei Einschnitte werden Gebirgsdurchbrüche genannt.

Jene Durchbrüche die bis auf das Niveau des Gewässers herabreichen, die also die vollkommensten sind und von den Flüssen und Bächen als Abflusswege verwendet werden, nennen wir die

*) Siehe hierüber „Einige Gebirgsdurchbrüche in den Südalpen", von Carl von Sonklar, in Amthor's „Alpenfreund", IV. Bd., pag. 1.

totalen Gebirgsdurchbrüche. Dazu gehören z. B. das Reussthal zwischen Andermatt und Brunnen, das Rheinthal zwischen Chur und Lindau, der Inndurchbruch bei Kufstein, der Durchbruch der Kitzbüchler-Achen bei Kössen, der Salzadurchbruch bei Werfen, die Durchbrüche der Enns bei Altenmarkt, der Mur bei Bruck, der Elbe bei Bodenbach, der Popper durch die Tatra, der Aluta beim Rothenthurmer Pass u. s. f.

„An diese totalen Durchbrüche schliesst sich eine Classe von Einschnitten an, die zwar das Gebirgsmassiv nicht bis auf seine Basis hinab durchschneiden, und desshalb von den Flüssen auch nicht als Abflussöffnungen benützt werden können, die sich jedoch der hierzu erforderlichen Tiefe so weit nähern, dass sie den Charakter von Kammsätteln gänzlich verlieren, die höchste wasserscheidende Stelle mit freiem Auge kaum mehr erkennen lassen, und nach beiden Seiten hin mit so sanfter Neigung abfallen, dass sie den Anblick eines gleichartig fortsetzenden Thales gewähren. Diese Art von Durchbrüchen, für welche ich den Namen subtotale Gebirgsdurchbrüche vorschlage, sind nicht sehr häufig, kommen jedoch hie und da vollkommen in der geschilderten Weise vor. Hierher gehören das Diagonalthal der Liesing-Palten in Steyermark, der Durchbruch bei Zell am See im Salzburgischen, von Vigolo zwischen dem Caldonazzosee und Matarello an der Etsch, u. a.*).

„Eine dritte Classe von Durchbrüchen endlich, welche ich als geblendete Gebirgsdurchbrüche bezeichnen will, umschliesst solche tief eingreifende Gebirgslücken, die zwar, gleich den beiden vorigen Classen, die Gebirgskämme quer durchsetzen und dabei so tief in den Körper derselben einschneiden, dass an den Durchbruchstellen eine evidente Unterbrechung des Kammes hervortritt und dieser dadurch in zwei Kammstrecken zerlegt wird — bei

*) In diese Classe von Durchbrüchen gehört ohne Zweifel der erst vor wenigen Jahren von Dr. Julius Haast in den neuseeländischen Alpen (Südinsel) entdeckte Haast-Pass. Dieser merkwürdige Einschnitt, der vielleicht seines Gleichen in der Welt nicht hat, durchbricht eine Gebirgskette, deren mittlere Höhe 10000 bis 11000' beträgt, während er selbst nur die absolute Höhe von 1612 E. F. hat. „There is properly speaking no saddle over which a traveller has to go, being only obliged to cross from one watercourse to another, ascending a bank of about 15 feet of loose shingle, thrown across the rent, and arriving on a flat of very small slope, covered with open forest, which in half a mile brings him to a small watercourse flowing north.“ Notes on tho Mountains and Glaciers of the Canterbury Province of New-Zealand, von Dr. Jul. Haast in den „Journals of the R. Gg. Soc. of London“, 34, 87.

denen aber der beide Strecken verbindende Rest des Gebirgskörpers einige, wenn auch relativ unbedeutende, Höhe besitzt, um als verbindendes Glied noch klar erkannt zu werden". Derlei Durchbrüche sind in den Alpen nicht selten und wir rechnen dazu: den Fernpass bei Imst, den Seefelder-Sattel bei Zirl, das Achenthal bei Jenbach, den Hirschbühel und den Hallthurmpass bei Berchtesgaden, den Pass Pyhrn bei Lietzen, den Obdacher- und den Neumarkter Sattel bei Judenburg, den Durchbruch durch die Gailthaler-Alpen bei Weissbriach, jenen der Mesurina bei Höhlenstein, von Campolungo bei Araba, bei Mis östlich von Primiero, der Val Ampola bei Storo, bei Nago unfern Riva u. s. f.

96. Charakteristik der Langenthäler. Die wesentlichen Merkmale der grösseren Langenthäler sind: das geringere Gefäll und die im ganzen grössere Breite, so wie die Zerschnittenheit oder Lückenhaftigkeit der Thalhänge

Da die Längenthäler mehr in der Tiefe und abseits der Hauptkämme ihren Anfang nehmen, so muss wol ihre totale Fallhöhe und, bei ansehnlicher Thallänge, auch ihr Gefäll, verglichen mit jenem der Querthäler, unbedeutend sein. So beträgt z. B. beim Rhonethale, die Höhe des Thalursprungs am Fusse des Rhonegletschers 5500 und das des Endes bei der Mündung in den Genfersee 1150, die Fallhöhe demnach 4350 und, bei einer Thallänge von 615700 F., das mittlere Thalgefäll nur 0_0 24'. Ebenso steht das mittlere Gefäll beim Innthale zwischen dem Silsersee und Kufstein auf 0_0 19', beim Salzathale zwischen Wald und Sct. Johann auf 0_0 14' und beim Drauthale zwischen dem Toblacherfelde und Spittal auf 0_0 19'.

Diese geringen Fallwinkel haben nicht blos die Mässigung der Erosionsthätigkeit des Wassers im Thale selbst, sondern auch die Ablagerung der aus den Seitenthälern herabgeführten Geschiebe zur Folge. Diese Geschiebe werden von den Flüssen bei Hochwässern theilweise fortgetragen und zur Auffüllung und Ausebnung der Thalsohle verwendet. Desshalb sind die Längenthäler in der Regel mehr oder minder breit und die kleinen Thalebenen oft mit fruchtbaren Alluvionen bedeckt. So sehen wir das Rhonethal schon von Brieg angefangen eine flache Sohle gewinnen, die sich nach und nach immer mehr ausbreitet und abwärts von Sitten ein Quermaass von 2500 F. erreicht. Dieselbe Bewandtniss hat es mit dem Innthale, das zwischen Ried und Prutz eine ebene Thalsohle von circa 1500, bei Innsbruck von 3000 und abwärts dieser

Stadt im Mittel von 2400 F. Breite besitzt. Bezüglich des Drauthals erinnern wir an die bereits erwähnten schönen Becken und Thal-Ebenen von Lienz, Villach und Klagenfurt. Bei ihrer Fruchtbarkeit und relativ tiefen, warmen Lage, sind desshalb die Längenthäler reich bevölkert und gewöhnlich in rascher Folge mit einer grossen Zahl blühender Städte, Märkte, Dörfer und Gehöfte bedeckt.

Eben desselben geringen Gefälles wegen sind die Längenthäler aber auch die Heimath jener Schlammströme und Schuttkegel, die aus den steil abfallenden kleinen Seitenthälern hervorbrechen und ihre Trümmermassen verwüstend über ihre Sohlen ausbreiten. Diese Schuttkegel gehören in der That zu den charakteristischen Zügen in den Landschaftsbildern aller grossen Längenthäler des Hochgebirges. Ihre Spitzen ragen oft bis zu 1000 F. relativer Höhe an den Thalwänden hinauf, haben nicht selten einen Durchmesser von einer halben Stunde, greifen zuweilen wenn sie nahe beisammen liegen, in einander, sind recht wol im Stande, in der Tiefe den Durchblick durch das Thal zu beschränken und die plastische Anlage desselben zu verhüllen — eine Störung, die erst der Anblick des Thales von einem erhöhten Punkte wieder für das Auge beseitigt.

Die auffallendste Eigenthümlichkeit der Längenthäler aber ist die Unterbrechung ihrer Thalwände durch die zahlreich austretenden Querthäler, was besonders deutlich in kristallinischen Gebirgen mit vorherrschend transversaler Gliederung hervortritt. Hier bestehen nämlich die Thalseiten nicht aus den geschlossenen Gehängen zweier Gebirgskämme, die beiderseits in stetiger, zusammenhängender Flucht das Thal einschliessen, sondern sie sind aus den, in ihrer Höhe bereits herabgeminderten Enden von Nebenkämmen gebildet, die sich von der Tiefe des Thales angesehen, nur wie einzelne Berge darstellen, zwischen denen die Mündungen der Querthäler liegen. Aus diesen Mündungen aber blicken nicht selten die mit der Entfernung an Höhe und Wildheit wachsenden Felshörner und leuchten die Schneefelder, Eiszinnen und Gletscher des Hauptkammes und seiner Umgebungen herüber, was begreiflich die landschaftliche Wirkung des Längenthales in hohem Maasse steigert, wenn auch das Gehänge des letzteren, seiner Zerstückelung wegen oft den Ausdruck der Zerfahrenheit trägt.

Noch reicher an abwechselnden Gestaltungen wird das Längenthal, wenn es an der Grenze zweier Formationen liegt, und in Folge dessen auf der einen Seite z. B. die transversale, auf der

anderen die parallele Gliederungsform des Gebirges vorwaltet — ein Fall, der bei grossen Längenthälern nicht eben selten ist. So wird z. B. das Innthal von Landeck angefangen, südlich von den Querketten des Urgebirges mit ihren hohen, in ruhigem Fluss hinziehenden Kuppen und Domen, im Norden aber von den rauhen, zerrissenen und wildzerscharteten Parallelkämmen der triasischen und rhätischen Kalkgebilde umstanden. Dennoch herrschen auch auf der letztgenannten Seite nicht überall die Kammformen des Querthales vor. Bald unterbrechen weite und tiefe Lücken den Zusammenhang der Thalwand, bald ist einer der Parallelkämme weiter entfernt als der andere, bald wird ihre Richtung schräge und die Enden mehrerer dieser Kämme erreichen nach einander das Längenthal, wie dies z. B. nach nebenstehender Zeichnung Fig. 48, zwischen Hall und Jenbach, mit vier solchen Parallelkämmen geschieht.

Fig. 48.



Das Vorkommen von Thalkehlen ist in Längenthälern nicht ausgeschlossen; doch sind sie nur in seltenen Fällen mit einer deutlich ausgesprochenen Stufenbildung verbunden. Die Thalstufe bei der Töll unfern Meran und die des Innthales im oberen Engadin sind Beispiele dieser Art.

Das endliche Schicksal der meisten Längenthäler ist ihr Uebergang in Querthäler, d. i. in rauhe felsige Durchbruchspalten, nicht selten erfüllt mit Wasserfällen, Katarakten und dem Getöse des hinabstürmenden Gewässers.

97. **Charakteristik der Querthäler.** Um den specifischen Charakter eines Querthales besser zu erkennen, ist es zweckmässig, dasselbe von unten nach oben zu durchwandern. Meistens sind es tiefe und schluchtartige Kehlen, durch welche wir in das Thal eintreten, Kehlen, die sich nicht selten zu furchtbaren Schlünden verengen und nicht im Entferntesten ahnen lassen, welche lange und reichentwickelte Thalfurche wir zu beschreiten im Begriffe stehen. Zuweilen, wenn das Querthal rasch in das Hauptthal absetzt, ist die Mündung durch einen Wasserfall bezeichnet. Bald stehen wir auf der ersten oder untersten Thalterrasse; sie ist zu einem langen ovalen Becken erweitert, von Dörfern und Gehöften, Aeckern und Wiesen bedeckt und von langen, geschlossenen, theils waldigen, theils felsigen Gebirgskämmen umstanden. Nun folgt abermals eine rauhe, düstere, rasch ansteigende Thalkehle; die

Sohle ist mit Felstrümmern jeder Grösse bedeckt und der Bach tobt brausend und schäumend über sie hinweg. Plötzlich erhebt sich vor unseren Blicken eine scheinbar lothrechte, mehrere Hundert Fuss hohe Thalstufe, über die der Bach erst in einigen kleinen einleitenden Fällen und zuletzt mit einem gewaltigen Sprunge donnernd herabstürzt. In zahlreichen Windungen führt nun der Steig mühsam zur Höhe hinauf, wo der Wasserfall beginnt, und wo uns in kurzer Zeit die zweite Thalterrasse in ihre grüne Breitung aufnimmt. Hier blickt alles viel ernster und alpenhafter. Die Berge zu beiden Seiten sind theils schroffe graue Schieferwände, theils steil aufstrebende steinige Grastriften oder wilde Haufwerke von Bergschutt und Felsbrocken; immer aber sind es dieselben festgefügten Bergwände, lückenlos, höchstens hie und da von einer Thalrinne durchfurcht, aus der ein kleiner Bach als flatterndes Silberband ins Thal herabhängt; aus dem nahen Hintergrunde hebt sich ein schimmernder Kranz mächtiger Schneeberge empor, und schon vermag das unbewaffnete Auge die blauen Schründe der hängenden Eismassen zu unterscheiden. Nun kommt abermals eine wilde Felsenenge, und wieder eine Thalstufe, und wenn wir sie erstiegen, umfängt uns die oberste Thalterrasse mit ihrer kalten, jede menschliche Nähe gleichsam abweisenden Majestät. Vor uns liegt auf ebenem Grunde thurmhoch die umgekehrte Muschelform eines langen Gletschers, und über ihr so wie rechts und links erhebt sich das Gebirge in riesigen Wänden von Fels und Eis bis zu den Schneewüsten der Kämme und Firnfelder.

Dies ist in Kürze das Bild eines Querthals im Hochgebirge, mit seiner Folge von Becken und Engen, von Terrassen und Stufen, mit seinen massigen geschlossenen Gebirgsketten zu beiden Seiten und seinem eisigen Hintergehänge am Hauptkamme.

Manche dieser Thäler sind auch gegliedert, d. h. sie haben Nebenthäler; viele sind an ihrer Mündung breit geöffnet; bei einigen ist die Stufenbildung nur unvollkommen ausgesprochen oder sie beschränkt sich auf eine einzige Stufe. Im Alpen- und Mittelgebirge werden auch die Gletscher am Hintergehänge fehlen. Die Abweichungen von der als Archetypus aufgestellten Form sind zahlreich und mannigfaltig und die Natur zeigt ihre Freiheit hier wie überall. Dennoch werden die Gründzüge allenthalben dieselben sein.

98. **Geologische Eintheilung der Thäler.** Ein anderes Argument für die Eintheilung der Thäler liegt in der Art ihrer Entstehung, ein Eintheilungsgrund der sich physisch dadurch rechtfertigt, dass

Thäler die auf verschiedene Weise entstanden sind, sich auch plastisch von einander unterscheiden. Da nun die Entstehungsart der Thäler, als ein Theil der Orogenesis, erst im dritten Abschnitte dieses Werkes eine nähere Besprechung finden kann, so dürfen wir au diesem Orte wol nur die letzten Ergebnisse der diesen Punkt betreffenden Untersuchungen vorführen, und uns ihre Begründung für den erwähnten Abschnitt vorbehalten. Hiernach werden die Thäler wie folgt eingetheilt:

1. In negative Thäler, worunter wir jene hohlen Räume verstehen, welche indirect, d. h. dadurch entstanden sind, dass der zwischen zwei benachbarten Hebungsgebieten liegende Bodentheil nicht mitgehoben wurde und auf seinem ursprünglichen tieferen Niveau liegen blieb. Solche Thäler können rücksichtlich ihrer Entstehung mit den Gassen einer Stadt verglichen werden, die nur durch den Aufbau der Häuser zu beiden Seiten entstanden sind. Als negative Thäler werden demnach alle grösseren Stromthäler und überhaupt jene Hohlräume anzusehen sein, die nachweisbar inmitten zwischen zwei getrennten Erhebungsmassen liegen, wie z. B. das Oberrheinthal zwischen Basel und Mainz welches zwischen den, ihrem Ursprunge nach verschiedenen, Erhebungsgebieten der Vogesen, und des Schwarzwaldes liegt. Vielleicht kann diese Entstehnngsart sogar für manche Thäler innerhalb eines und desselben Gebirges angenommen werden.
2. Einsturzthäler; von ihnen ist oben bei den Circusthälern bereits die Rede gewesen; sie sind durch den Einsturz gehobener Massen auf verschiedene Weise zu Stande gekommen.
3. Spaltenthäler, hervorgegangen aus der Aufsprengung des Bodens gelegenheitlich seiner Erhebung; bald radienförmig, bald in zwei rechtwinklig sich kreuzenden Richtungeu angeordnet, daher ohne bestimmte Beziehung zur Gebirgsstructur und diese unter allen möglichen Winkeln durchschneidend; später durch die Erosion in die Formen der Gegenwart ausgebildet.
4. Verwerfungsthäler, eigentlich Spaltenthäler, wobei die zwischen zwei Spalten gelegenen Bodentheile, in Folge Seitendrucks, eine Drehung um ihre Langaxe erlitten haben.
5. Falten- oder Sattelthäler: Wirkungen mächtigen Seitendrucks, durch welchen das Land in weitem Umfange in Falten geworfen wurde, die durch Längenthäler getrennt sind. Diese Längenthäler werden Sattelthäler genannt. Die Schichten laufen

hier, in den Kämmen sowol als in den Thälern, mit der Streichungslinie der Falten parallel und sind dort antiklin, hier synklin.

6. Erosionsthäler: durch die Erosion im weitesten Sinne, insbesondere durch Wasserspülung entstanden. Sie sind im Flach- und Hügellande, wo sie fast alle anderen Thalarten ausschliessen, weitaus vorherrschend, und bilden auch im höheren Gebirge alle sekundären, in unermesslicher Menge und Mannigfaltigkeit vorkommenden Einschnitte (kleinere Nebenthäler, Gräben, Rinnen, Tobel, Mulden, Racheln, Erosionsschlünde u. s. w.) welche die Plastik der Kämme und Thäler im Detail bestimmen.

E. Vom Gewässer des Landes.

99. Die am Schlusse des vorigen Capitels erwähnten Erosionsthäler führen uns an einem natürlichen Faden auf das flüssige Element des Erdkörpers — auf das Wasser. Dieser Faden enthebt uns wol der Antwort auf die sonst nahe liegende Frage, nach dem Rechte, mit welchem das Wasser, in einer Abhandlung über die Reliefformen der Erdoberfläche, einen Gegenstand der Besprechung bilden dürfe. Ist seine Oberfläche, wenn in Ruhe, nicht der reinste Ausdruck des absoluten Gleichgewichts der Kräfte, eine Ebene im mathematischen Sinne des Wortes, daher ohne eine Spur von Relief, der strengste Gegensatz jeder Plastik?

Das Wasser ist, wie wir vorerst flüchtig gesehen haben, eines der wichtigsten Principien für die gegenwärtige Gestalt der Erd-Oberfläche; und das ist es auch für die künftige. Unablässig nagt es an den höheren Theilen der Erdrinde, sucht sie zu erniedrigen und mit dem Schutte der Berge die Tiefen auszufüllen. Alle diese Wirkungen sind jedoch veränderlich nach dem Maasse, in welchem die Fallthätigkeit des Wassers sich äussern kann, nach der Grösse des Fallwinkels, dem Wasserquantum, der Dauer der Einwirkung und der Festigkeit des Substrates. Zwischen den Formverhältnissen des Landes und dem Wasser besteht ein Zusammenhang, nach welchem eine Erscheinung die andere bedingt und jede Wirkung die Ursache für neue Wirkungen wird. Das Land bestimmt durch Lage und Höhe die Menge der atmosphärischen Niederschläge und diese meisseln wieder an den Formen des Landes und

bilden neue Sedimente. Aber die Erosionen des Wassers, so gut wie der Schutt, den es an anderen Stellen anhäuft, verändern den Lauf der Gewässer, das Niveau des Erdfesten und die Grenzen des Landes gegen das Meer. Wer da im Stande wäre, darzustellen, auf welche Weise das fliessende Wasser, vom Anfang der Zeiten her bis auf die Gegenwart, sich seine Wege gebahnt hat, der würde zugleich auch die Geschichte des grössten Theiles der Veränderungen der Erdoberfläche liefern Darin liegt die Bedeutung des Wassers für die Orographie.

Aber das Wasser bedeckt auch bleibend ansehnliche Theile des festen Landes, und seine Oberfläche wird an solchen Stellen überall als Bestandtheil der Bodenfläche, also als Theil seines wechselnden Reliefs, angesehen. In Bächen und Flüssen nimmt es die tiefsten Lagen der Thäler ein und in Seen füllt es oft ausgedehnte Hohlräume aus. Wer denkt bei dem Anblick dieser Flüsse und Seen viel an die Tiefen, die von ihnen verhüllt werden. Für gewisse Fragen der physischen Geographie sind diese Tiefen ohne Zweifel von Bedeutung; für viele andere Belange aber sind sie unwesentlich, und für die Orographie an sich ist es wol nur der Wasserspiegel allein, der als wichtiges Form-Element in Betrachtung kommt.

Aus diesen Gründen sind die Gewässer des festen Landes auch für die Orographie wichtig, und nur im Sinne der durch sie bezeichneten Gesichtspunkte wird die Hydrographie hier in Behandlung kommen.

I. Von den Quellen, Bächen und Flüssen.

100. **Quellen.** Quellen sind spontane, d. i. natürliche Ausbrüche der unter der Erdoberfläche circulirenden Wässer an das Tageslicht. Künstlich eröffnete Quellen werden Brunnen genannt.

101. **Grundwasser, Seihwasser.** Dasjenige Wasser, welches entlang von Flüssen und Seen den Boden nach dem Gesetze communicirender Gefässe, also unter Einhaltung gleichen Niveau's, oft bis auf grosse Entfernungen durchdringt, oder welches in tiefliegenden alluvialen und diluvialen Ebenen, durch das Einsinken der meteorischen Wässer so wie der Flüsse und Bäche in das lockere Erdreich, sich im Boden ansammelt, wird als Grundwasser bezeichnet. Tritt dieses in natürlichen oder künstlichen Vertiefungen in Folge hydrostatischen Druckes hervor, so heisst es Seihwasser, aufquellendes oder aufsteigendes Wasser. Grund- und Seihwaser

sind die Ursachen jener oft sehr ausgedehnten Versumpfungen muldenförmiger Einsenkungen des Bodens, wie sie in Norddeutschland, Holland, Bayern u. a. vielen a. O. vorkommen. Meistens ist damit die Torfbildung, d. i. die Entstehung vegetabilischer Sedimente, zuweilen von ansehnlicher Mächtigkeit und unter Aufwucherung zu Hügelformen (Albemarle- und Dismal-Swamps in Nordamerika), verbunden.

102. **Wurzelsysteme und Arten der Quellen.** Den Inbegriff aller kleinen Wasseradern, deren Wassertrag vereinigt in einer Quelle zu Tag tritt, nennt man das Wurzelsystem dieser Quelle. Je nachdem dasselbe gross ist oder klein, wird die Quelle eine starke oder schwache, beständige oder periodische sein. — Die Bedeutung einer Springquelle ist an sich klar genug (Karlsbader Sprudel). Eine intermittirende Quelle nennt man diejenige, die in regelmässigem Wechsel bald fliesst, bald nicht fliesst. Hieraus ergibt sich von selbst, was unter einer intermittirenden Springquelle zu verstehen sei. Quellen der letzteren Art sind die schon lange bekannten in Island (grosser und kleiner Geysir und Strokhr); vor mehreren Jahren wurden mehrere solcher Quellen im Thale des Oregon, und erst neuerlich mindestens deren 50, im Thale des Madison (Nebenfluss des Missouri) nahe seinem Ursprunge, entdeckt*).

103. **Thermen.** Thermen oder warme Quellen sind jene Quellen, deren Temperatur höher ist als die mittlere Jahrestemperatur der Luft an dem Orte ihres Austrittes. Man pflegt sie dann als absolute Thermen zu bezeichnen, wenn ihre Temperatur etwa 25° R. übersteigt, und sie demnach von Jedermann als warme Quellen erkannt werden. Die wichtigste thermische Eigenschaft der warmen Quellen ist die Constanz ihrer Temperatur.

Führen Thermen aufgelöste Mineralien in grösserer Menge mit sich, was aus naheliegenden Gründen fast immer der Fall ist, so heissen sie Mineralquellen, und werden sie zu hygienischen Zwecken benützt, so nennt man sie Heilquellen, Bäder, Gesundbrunnen; sie erhalten dann specielle Namen nach jenen Mineralien, welcher wegen sie besonders benützt werden. Indifferente Quellen sind jene Thermen, die, bis auf geringe Spuren, frei von mineralischen Beimengungen sind; ihre Zahl ist

*) Sie sind auf einer Fläche von nur 10 E. miles zerstreut und einige derselben drücken durch ihre Grossartigkeit und ihren Umfang jene von Island zur Unbedeutendheit herab. Der Entdecker ist Prof. Hayden. „Globus“ 1872, Nr. 8.

gering (Luxeuil, Plombières, Pfäffers, Gastein, Bormio u. a.). — Warme Quellen sind für die Plastik der Erdoberfläche theils durch ihre auflösenden und metamorphischen Wirkungen im Innern der Erde, wodnrch Hebungen und Senknngen des Bodens bewirkt werden, theils und hauptsächlich aber durch ihre oft sehr bedentenden Ablagerungen mineralischer Stoffe auf der Erdoberfläche wichtig, welche Stoffe sich durch Abkühlung oder Verdunstung des Wassers ausscheiden.

104. **Stärke der Quellen.** Der Wasserertrag der Quellen ist sehr verschieden. Es gibt sehr schwache Quellen, welche tropfenweise fliessen oder mit der hohlen Hand ausznschöpfen sind, wogegen andere gleich als starke Bäche oder kleine Flüsse an den Tag hervorbrechen. Beispiele der letzteren Art liefern besonders die Kalkgebirge, die durch ihre tiefgehenden und ausgedehnten Zerklüftungen und Höhlenbildungen, die Ansammlung bedeutender Wassermassen in einem einzigen unterirdischen Rinnsale ermöglichen. Hierher gehören: die Quelle des Timavo bei Duino (Fortsetzung der Reka) unfern Triest und die der Laibach (Fortsetzung der Unz und Poik) bei Oher-Laibach, welche beide von der Stelle weg schiffbare kleine Flüsse bilden; ferner die Quelle der Sorgue bei Vaucluse, der Birs bei Tavannes, der Orbe im Waadt, des Loiret in Frankreich u. a. m.

105. **Riesel, Bach, Fluss, Strom.** Der Abfluss einer schwachen Quelle über eine geneigte Bodenfläche bildet einen Riesel; mehrere Riesel vereinigen sich zu einem Bache, mehrere Bäche zu einem Flusse und mehrere Flüsse zu einem Strome. Ströme werden gewöhnlich nur die grössten, wasserreichsten Flüsse genannt, gleichviel ob sie ihren Namen bis zu ihrer Mündung in das Meer behalten, oder ob sie sieh in einen anderen Fluss ergiessen und dabei ihren Namen verlieren. Es wäre z. B. gewiss unrichtig, den Orinoco einen Strom und den Madeira nur einen Fluss zu nennen, ungeachtet dieser einen nm 100 Meilen längeren Lauf besitzt als jener. Der Missonri vereinigt sich bei St. Louis mit dem Mississippi und verliert seinen Namen, ungeachtet er daselbst weit wasserreicher ist als dieser und ihn an Länge beinahe um das Dreifache übertrifft; der Missouri ist dabei auch weit hedeutender als der grösste Strom Europa's — die Wolga. — Welchen Namen ein Fluss nach der Vereinigung zweier gleichwerthiger Componenten zu führen habe, darüber hat in manchen Fällen wol der Zufall entschieden, der sich natürlich weder an die grössere Wassermenge, noch an die gerad

linige Fortsetzung des vereinigten Flusses nach der Richtung des einen der beiden Componenten gehalten hat. So ist bei Passau der Inn mächtiger als die Donau, bei St. Louis der Missouri mächtiger als der Mississippi, und so setzt sich unterhalb Melnik die Elbe nach der Richtung der Moldau und unterhalb Lyon die Rhone nach der Richtung der Saône fort. In vielen Fällen hat man jedoch, wie bei den Thälern bereits erwähnt wurde, dem vereinigten Flusse einen neuen (dritten) Namen gegeben und nennt dann die Componenten Quellflüsse. So sind Werra und Fulda Quellflüsse der Weser, Wütschegda und Suchona Quellflüsse der Dwina, Paraguay und Paraná Quellflüsse des Rio de la Plata u. s. f.

Zwei Ströme, die sich nahe vor ihrer Mündung in das Meer vereinigen, werden Zwillingsströme genannt, wie z. B. Marañon und Tocantins, Euphrat und Tigris, Ganges und Brahmaputra.

106. **Küstenflüsse, Steppenflüsse.** Küstenflüsse heissen jene Flüsse, die in der Nähe des Meeres entspringen und sich nach kurzem Laufe in dasselbe ergiessen. Unter Steppenflüssen aber werden jene fliessenden Wässer verstanden, die im Sande der Steppen und Wüsten (ohne Seebildung) verrinnen und durch Verdunstung ein Ende nehmen, wie z. B. der Murghab und Herirud in Afghanistan, der Wadi Guir in Marokko, der Rio Dulce, Rio Primero und Rio Segundo in Argentina u. a. m.

107. **Flussbett.** Bei jedem fliessenden Gewässer unterscheidet man nach der Richtung des Flusslaufes ein rechtes und ein linkes Ufer. Die ganze Thalbreite, so weit sie ein Fluss bei höchstem Wasserstande noch bedeckt, wird das Flussbett und der Hohlraum, den es bei gewöhnlichem Wasserstande erfüllt, das Rinnsal genannt. Unter dem Thalwege eines Flusses versteht man die Linie seiner grössten Tiefe, die sich, nach hydrodynamischen Gesetzen, auf der Wasseroberfläche durch die grösste Geschwindigkeit der Wasserbewegung ausspricht. Der Thalweg ist oft dadurch politisch wichtig, dass er als Grenzlinie zwischen Ländern und Staaten dient.

108. **Stromsystem und dessen hydrographische Merkmale.** Den Inbegriff aller Flüsse und Bäche, die sich mit einem Flusse vereinigen, nennt man die Zuflüsse desselben. Die Unterordnung eines Flusses unter einen anderen in den er sich ergiesst, wird dadurch ausgedrückt, dass man ihn einen Nebenfluss dieses anderen nennt. Denkt man sich einen Fluss mit allen seinen Zuflüssen, in ihren bestehenden räumlichen Verhältnissen, zu einer Einheit ver-

bunden, so erhält man das Stromsystem oder Flussnetz dieses Flusses.

Die wichtigsten hydrographischen Merkmale eines Flusses sind: 1. das Stromgebiet, 2. die Stromentwickelung und 3. die Wassermenge.

1. 109. **Stromgebiet.** Das Stromgebiet ist jener mehr oder minder ausgedehnte Hohlraum der Erdoberfläche, dessen fliessendes Gewässer, stamme es aus Quellen, vom Regen oder aus der Schmelze von Schnee und Eis her, sich zuletzt in einem und demselben Rinnsale vereinigt. Es ist mit dem plastischen Begriffe des Strombeckens identisch. Man hat den Umfang des Stromgebietes mit dem Worte Quellenbezirk bezeichnet, was mir nicht statthaft scheint; allerdings liegen an diesem Umfange lediglich Quellen; bei jedem grösseren vielverzweigten Stromgebiete aber liegt sicher die grössere Zahl der Quellen im Inneren desselben und weitab von seinem Umfange. — Grosse Flüsse haben selbstverständlich grössere Stromgebiete als kleine. Es ist klar, dass dieser Begriff auch auf die Nebenflüsse ausgedehnt werden kann; doch sind dann die Stromgebiete der letzteren gleichsam nur die Provinzen eines grösseren Gebietes.

110. **Verzeichniss der wichtigsten Stromgebiete.** Es folgt nun ein Verzeichniss über die Flächeninhalte der grösseren und wichtigeren Stromgebiete der Erde:

	Area in g. Q.-M.		Area in g. Q.-M.
Amazonenstrom	100000	Indus	17500
Mississippi-Missouri	61400	Orinoco	15750
Obi	57800	Donau	14630
La Plata	55400	Columbia	14170
Jenissei	49000	Menam	13500
Lena	37150	Colorado	12820
Amur	36430	Euphrat-Tigris	12230
Yang-tse-kiang	34200	Amu-darja	12100
Hoangho	33600	Dnjepr	10600
Mackenzie	27600	Don	10600
Ganges	27030	Dwina	6650
Senegal	25600	Ural	5200
Wolga	24840	Newa	4200
Saskatschewan	22500	Rhein	4030
Irawaddi	20700	Petschora	3050
St. Lorenz	18600	Elbe	2620
Tocantins	17780		

111. **Wasserscheide.** Die Grenzen zweier Stromgebiete gegen einander werden durch die *Wasserscheide* gebildet. Da nun an der Wasserscheide nicht überall Quellen vorkommen, mit deren Hilfe ihre Lage ausgemittelt werden könnte, so geschieht dies, theoretisch wenigstens, dadurch viel genauer, dass man die Wasserscheide als jene Linie definirt, an welcher der Abfluss der meteorischen Wässer nach zwei verschiedenen Richtungen vor sich geht. Jeder Punkt, der auf solche Art den Ort anzeigt, an welchem die beiden entgegengesetzten Abdachungen des Bodens zusammentreffen, wird ein *Wassertheiler* genannt. Alle Wassertheiler mit einander verbunden geben die Wasserscheide.

Die Wasserscheide ist demnach allemal der Saum eines grossen Hohlraumes (des Strombeckens), dessen Maximum der Eintiefung im Rinnsale des Flusses liegt. In so ferne hat die Wasserscheide auch einen grossen orographischen Werth, wenn sie auch nicht immer, wie dies oben bereits nachgewiesen wurde, mit der Linie der grössten Erhebungen zusammenfällt (Seite 99). In dieser Beziehung wird es vielleicht von Interesse sein, den Gang der Wasserscheide zwischen der *Donau* und dem *Rhein* etwas näher in das Auge zu fassen. Diese Linie beginnt am Septimer in den rhätischen Alpen und läuft von da erst über den nordrhätischen Alpenkamm bis zum Jamthaler Spitz, sinkt dann, nördlich abbiegend, zum tiefen Sattel der Bieler Höhe, und eilt nun über das Zeinesjoch und den Arlberg in die nördlichen Kalkalpen hinaus, wo sie erst die Zürser Alpe quer durchschneidet, von der Rothen Wand nördlich streichend, alle die Parallelketten der Vorarlberger und Algäuer Alpen kreuzt und bei Immenstadt hart an die Iller herantritt. Sofort fällt sie in das schwäbische Flachland herab, umgeht hier in engen Windungen die Quellen der Argen und Schussen, betritt bei Triburg den höchsten Theil des Schwarzwaldes, verlässt diesen jedoch alsbald wieder, zwängt sich bei Villingen zwischen der Brigach und den Neckar-Quellen hindurch, ersteigt das Plateau der Rauhen Alb, geht dann bei Bopfingen tief herab auf die Frankenhöhe über, schwingt sich hier um die Quellen der Wernitz und Altmühl herum, presst sich bei Weissenburg durch den kaum eine halbe Meile breiten Isthmus zwischen der Altmühl und den Quellen der Schwarzen Rezat hindurch, wird bei Neumarkt von dem Ludwigs-Canal

übersetzt und fällt östlich von Baireuth in das Fichtelgebirge ein. — Aehnlich verwickelt und gequält ist der Gang der Wasserscheide zwischen Weser und Rhein, Seine und Loire, Loire und Garonne, Donau und Weichsel u. s. f. In Russland vollends läuft die Wasserscheide, die mächtigsten Stromsysteme des Welttheils trennend, erst über die Rokitno-Sümpfe bei Brzest-Litowsk hinweg, auf den westlichen Theil der baltisch-uralischen Landhöhe, verlässt sie aber schon bei Polozk, ist in der Landenge zwischen Witebsk und Orscha, d. h. zwischen Düna und Dnjepr, ziemlich unklar, umgeht sodann die Quellen der Wolga auf der Waldai-Höhe, sinkt dann wieder in das tiefliegende Sumpfland südlich des Ladoga-Sees herab, verharrt auf diesem, bis es die Quellen der Mologa und Scheksna umschrieben, wendet sich dann am Bjelo Ozero südlich und drückt sich in den mannigfaltigsten Krümmungen zwischen den Quellen der Suchona, des Jug und der Wütschegda einerseits und denen der Kostromá, Unscha und Wetluga andererseits hindurch, bis sie endlich am Galsory-Berge den Ural erreicht.

Dies Alles lehrt, wie seicht oft die grossen Strombecken der Erde aus der Oberfläche derselben herausgehoben sind, und wie genügsam das Wasser mit Rücksicht auf das Maass des von ihm geforderten Gefälles ist. Unter solchen Umständen wird wol Niemand mehr behaupten, dass die Gewässer von irgend einer Bedeutung für den Gang der Gebirge seien. Am Harz läuft die Wasserscheide zwischen Elbe und Weser so quer über das Gebirge hinüber, als ob es nicht vorhanden wäre. Aehnliche Verhältnisse müssen bei allen sogenannten Gebirgsdurchbrüchen vorkommen. Ein solcher Durchbruch ist ja eben der deutlichste Beweis, dass die Existenz des Gebirges von dem Flusse, der ihn durchbricht, unabhängig ist. In einzelnen Fällen werden die Gebirge von den Flüssen nicht blos durchbrochen, sondern die abgeschnittenen, oft sehr mächtigen Gebirgskämme von ihnen umschlossen und inselartig in die Mitte genommen. So ist z. B. das gewaltigste Hochgebirge der Erde, der Himalaya, einerseits vom Indus und andererseits vom Brahmaputra bis auf den Grund hinab durchschnitten; die Länge des ungeheuren Gebirgswalles beträgt zwischen den beiden Durchbrüchen mindestens 330 Meilen, und doch sind die Quellen jener beiden Flüsse nördlich des Gebirges nur wenige Meilen von einander entfernt.

112. Portagen. Wenn aber die Unabhängigkeit der Wasserscheiden innerhalb der Gebirge schon so deutlich hervortritt, so ist dieselbe in den Flachländern noch viel auffälliger, was durch den oben geschilderten Gang der europäischen Hauptwasserscheide im russischen Tieflande zu erkennen war. Am deutlichsten aber tritt sie in den sogenannten Portagen und Bifurcationen hervor. Portagen oder Tragplätze werden nämlich jene Stellen genannt, wo zwei nach verschiedenen Richtungen gewendete Flüsse sich so nahe kommen, dass Boote und Güter ohne viele Mühe von dem einen Flusse in den anderen übertragen werden können. So ist z. B. die Landenge zwischen der Düna und dem Dnjepr bei Witebsk nur einige Meilen breit und so niedrig, dass im Frühjahr, zur Zeit rascher Schneeschmelze und starken Anschwellens beider Flüsse, ein Boot von dem einen Flusse in den anderen gelangen kann. Dieselbe Möglichkeit bietet zur Regenzeit die Portage zwischen dem Michigan-See und dem Illinois dar *). Aehnliche Tragplätze kommen in Amerika noch zwischen den Quellen des St. Lorenz und des Mississippi, zwischen dem Nelson und Churchill, dem Peace und Turnagain, dem Rio Atrato und San Juan in Venezuela vor.

113. Bifurcation. Verschwindet endlich die Wasserscheide zwischen zwei Flüssen gänzlich, so dass ein Arm eines Flusses in ein anderes Flussgebiet übergeht, so nennt man dies eine Bifurcation oder Flussgabelung. Wenn man die diagonalen Verbindungen zwischen Rhein und Maas nicht auch als Gabelungen, sondern blos als Delta-Arme ansehen will, so kommen in Europa drei solche Bifurcationen vor, und zwar in der schwedischen Provinz Norbotten, wo ein Arm der Kalix-Elf bei Tårånda in den Torneå; in Deutschland, wo ein Arm der Else in die Werre, der andere in die Haase, und in Italien, wo bei Arezzo ein Arm der Chiana in den Arno übergeht. Die bedeutendste und berühmteste aller Bifurcationen aber ist die des Orinoco bei der Mission Esmeralda. Hier trennt sich von diesem Strome ein mächtiger Arm — der Casiquiare — nimmt seine Richtung nach Südwesten, übersetzt die Wasserscheide zwischen dem Orinoco und Amazonas und mündet, nach einem Laufe von 40 Meilen, in den Rio negro. Aus

*) Berghaus: „Allgemeine Länder- und Völkerkunde", II, 122.

Asien sind noch die Gabelnngen zwischen Irawaddi und Saluën, dann zwischen Mekong und Menam bekannt*).

114. **Binnenflüsse, Binnenräume.** Bei allen Flüssen, welche in das Meer ausmünden, beginnt und endet die Wasserscheide am Meeresufer und schliesst demnach eine Fläche ein, die sich weiter gegen das Meer hin fortsetzen würde, wenn sie an der Küste nicht abgestumpft wäre. Es gibt jedoch auch Flüsse, die das Meer nicht erreichen und bei denen die Wasserscheide eine in sich selbst zurückkehrende geschlossene Curve bildet. Derlei Flüsse werden Binnenflüsse oder continentale Flüsse und ihre Stromgebiete Binnen- oder Continentalräume genannt. Zuweilen sind zwei oder mehrere solcher Stromgebiete zu einem Binnenraume vereinigt. Der grösste aller Binnenräume der Erde ist jener, dessen fliessendes Gewässer sich im Kaspi-See versammelt, und der, nebst einer Zahl kleiner, die vier grossen continentalen Stromgebiete des Ural, der Wolga, des Terek und des Kur umfasst und, mit Einschluss des Kaspi-Sees, einen Flächeninhalt von circa 50,000 g. Quadrat-Meilen hat. Andere grosse Binnenräume sind: das Stromgebiet des Tarim in Ost-Turkestan, der bei einer Längenentwickelung von 270 Meilen den Lob-Noor bildet; des Hilmend in Beludschistan mit dem Hamun-See; des Tsad-Sees mit den Stromgebieten des Schari und Komádugu und noch viele andere, von denen mehrere oben, bei den continentalen Binnenräumen (Seite 116), wo von der Plastik derselben die Rede war, bereits erwähnt worden sind. Die Steppenflüsse mit ihren Stromgebieten gehören ebenfalls hierher

2. 115. Unter der **Stromentwickelung** verstehen wir die räumliche Ausbildung eines Stromgebietes, wie es sich in der Lauflänge, im directen Abstande, so wie in den Krümmungen des Flusslaufes, in den Detailverhältnissen des Gefälles und in der Mündungsform ausspricht.

116. **Längenentwickelung der Flüsse und Verzeichniss von Lauflängen der wichtigsten Flüsse.** Die Lauflänge oder Längenentwickelung eines Stromes ist seine nach allen Krümmungen gemessene Länge von der Quelle bis zur Mündung. Als die Quelle eines Stromes wird gewöhnlich diejenige

*) Die letzterwähnte Bifurcation erscheint in den neueren Karten nicht mehr verzeichnet.

angesehen, die von seiner Mündung die entfernte ist. Doch hat hierin, wie oben gesagt, der Gebrauch in einzelnen Fällen auch anders entschieden. Das nachfolgende Verzeichniss enthält die Lauflängen der grössten oder wichtigsten Ströme der Erde.

	Lauflänge in g. M.		Lauflänge in g. M.
Mississippi-Missouri	948	Saskatschewan	416
Amozonenstrom	835	Donau	385
Jenissei	748	Euphrat	380
Yang-tse-Kiang	740	Amu-darja	350
Mississippi	700	Orinoco	280
Missouri (allein)	664	Dnjepr	270
Niger	650	Kama (Zufluss der Wolga)	243
Nil	600	Don	240
Amur	595	Dwina	216
Obi	580	Ural	206
Lena	530	Ohio	203
Irtysch (Zufluss des Obi)	530	Theiss	180
Wolga	510	Elbe-Moldau	171
Hoang-ho	500	Rhein	150
La Plata	500	Petschora	143
Indus	490	Rhone	140
Mackenzie	470	Loire	130
Irawaddi	460 (?)	Weichsel	130
St. Lorenz	430	Oder	120
Ganges	420		

117. **Directer Abstand.** Unter dem directen Abstande hingegen versteht man die geradlinige Entfernung der Quelle eine Stromes von seiner Mündung. Er ist dasjenige numerische Element, welches uns über die Form des Stromgebietes einen Aufschluss gibt. Um die Flüsse in dieser Beziehung vergleichen zu können, brauchen wir blos die Verhältnisse zwischen dem directen Abstande und der Lauflänge aufzusuchen. Ist dieses Verhältniss relativ gross, so wird das Stromgebiet nach der Richtung des Flusslaufes gestreckt, ist es klein, so wird es nach derselben Richtung zusammengedrückt, also ein mehr in die Breite gehendes, minder gut entwickeltes sein. So stehen z. B. diese Verhältnisse beim Amazonenstrom auf 0·50, beim Mississippi-Missouri auf 0·31, beim Nil auf 0·80, bei der Wolga auf 0·28, bei der Donau auf 0·72, beim Rhein auf 0·60, bei der Elbe-Moldau auf 0·50 und bei der Theiss auf 0·34. Das bestentwickelte Stromgebiet ist, unter den hier genannten, das des Nil; der Amazonas ist besser entwickelt als der Mississippi-

Missouri, die Donau ist der bestentwickelte Strom Europas, die Wolga und Theiss sind mangelhaft — der Rhein ist besser entwickelt als die Elbe u. s. f.

118. **Eintheilung der Stromläufe in Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf.** Bei grösseren Flussläufen sind es die bereits erwähnten Stufenbecken, nach welchen sie in den Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf eingetheilt werden. Doch ist diese Eintheilung nicht immer leicht möglich, da oft eines der hierzu nöthigen Becken fehlt oder deren mehrere vorkommen, und zuweilen die Beckenbildung selbst so schwach ausgeprägt ist, dass es schwer hält, jene Untertheilung des Stromlaufs physich zu begründen.

Der Oberlauf oder das oberste Stück des Flusslaufes beginnt an der Wasserscheide und liegt somit nach Umständen, wenigstens mit einem Theile, in mehr oder minder hohem Gebirge. Dieser Theil trägt demnach, besonders wenn er einem Querthale angehört, alle Merkmale des letzteren: Engheit des Flussbettes, felsiger Grund des Rinnsals, starkes Gefäll, Wechsel von Thalterrassen und Thalstufen und vorherrschende Geradlinigkeit. Hier ist die Region der Stromschnellen und Wasserfälle, der schäumenden und lärmenden Unruhen des Wasserlaufes, und der wildesten Zerstörungen durch rasches Anschwellen und Vermuhrung. Tritt sodann der Fluss in das breitere Längenthal heraus, so mässigt sich zwar sein Gefäll, aber noch immer ist seine erodirende Kraft gross genug, um sein Bett vielfach zu vertiefen und es von der Thalfläche durch hohe Uferränder abzusondern. Von den Schuttkegeln, die von den Bergen herabhängen, wird er jetzt abwechselnd bald an die eine, bald an die andere Thalwand gedrängt und dadurch zu Windungen veranlasst, die in der allgemeinen Thalrichtung nicht begründet sind. Die Zuflüsse, die er hier erhält, brechen nicht selten mit einem Wasserfalle aus den Querthälern hervor, erfüllen sein Bett fortwährend mit neuem Schutt und verändern die Gestalt seines Rinnsals unablässig, so dass jede Beschiffung, selbst mit Ausschluss der Bergfahrt, wegen des noch immer allzu grossen Gefälles, auch bei sonst genügender Wassermenge, unmöglich bleibt. Nun folgt gewöhnlich ein enges Durchbruchthal in der Gestalt einer wilden, felsigen Kehle mit verstärktem Gefäll und tief eingenagtem Flussbette.

Mit diesem Durchbruche schliesst das Becken des Längen-

thales und bei weniger umfassend entwickelten Stromgebieten, auch der Oberlauf ab. Der Fluss tritt nun in das Flachland hinaus und beginnt damit seinen Mittellauf. Nicht selten ist dieser Austritt mit einer Seebildung bezeichnet, die meistens mit ihrem oberen Ende noch in das Durchbruchthal eingreift, mit ihrem unteren Ende aber bereits im Flachlande oder zwischen den letzten, niedrigen, rechts und links zurückweichenden Vorbergen liegt. Der See ist daher nach der Richtung des Thales verlängert und die mit Wasser ausgefüllte Spalte oft von grosser Tiefe. Bei sehr ausgedehnten Stromgebieten, die mit ihren obersten Stufenbecken noch in das Hochland hinaufreichen, kann jedoch, nach Maassgabe der plastischen Verhältnisse des gesammten Strombeckens, jenes erste Flachland vielleicht noch dem Oberlaufe zugezählt werden müssen.

Wie dem auch sei, der Fluss wird jetzt sein Gefälle noch mehr mildern, wenn er auch, in Folge seiner noch immer ziemlich beträchtlichen Fallthätigkeit, an der Austiefung seines Rinnsals arbeitet, und deshalb meistens zwischen hohen Ufergestaden mit raschem Laufe dahin fliesst. Aber sein Flussthal ist jetzt breit und das Becken steigt auf beiden Seiten, in senkrechter Richtung auf den Flusslauf, oft kaum steiler an, als es in der Richtung des letzteren abdacht. Deshalb fallen die Zuflüsse jetzt häufig unter spitzen Winkeln ein. Mit dem verminderten Gefäll des Flusses ist aber auch das Auftreten grösserer Windungen seines Laufes (Serpentinen) gegeben, die durch Hindernisse erzeugt werden, welche die erodirende Kraft des Wassers nicht mehr überwältigen kann und die der Fluss deshalb umgehen muss. Die Abnahme des Gefälles hat aber noch eine andere wichtige Folge, und das ist die Bildung ausgedehnter Schuttbänke. Denn da die transportirende Kraft des Wassers von der Geschwindigkeit seiner Bewegung abhängt, so muss der Fluss, wenn sich sein Gefäll vermindert, allen gröberen Schutt, den er jetzt nicht mehr zu bewegen vermag, im Flussbette ablagern. Und da er sich hierdurch fortwährend neue Hindernisse der Bewegung schafft, so wird er die Lage seines Rinnsals auch fortwährend ändern, und so nach und nach jene oft nur mit vielen Quadratmeilen auszumessenden Rollkiesellager zu Stande bringen, die für alle an höhere Gebirge grenzenden Flach-

länder charakteristisch sind. Nur dort, wo der Fluss vor seinem Austritt aus dem Gebirge einen See bildet, welcher, gleichsam als Wasserstube wirkend, das Gefäll aufhebt und den Schutt auf seinem Grunde zur Ablagerung bringt, ist das tiefere Land von jenen Rollkieselbänken verschont (Lombardie).

Nach einer neuen, und bei grossen Verhältnissen nach einer zweiten oder dritten Verengung des Flussthales, innerhalb welcher sich das Gefälle regelmässig und oft bis zur Bildung von Katarakten verstärkt, tritt endlich der Fluss in seinen Unterlauf ein. Je nach der relativen Lage des noch übrigen letzten Stufenbeckens zum angrenzenden Meere wird der Fluss nun seine frühere Laufrichtung beibehalten oder ändern; in jedem Falle aber wird der Unterlauf senkrecht auf die Küstenlinie fallen. Da dieses Becken bereits entschieden dem Tieflande angehört und nur wenige Fuss über dem Niveau des Meeres liegt, so ist der Lauf des Flusses träge und für das Auge oft kaum wahrnehmbar. Die Ufer sind in der Regel flach, die Krümmungen des Flussbettes noch häufiger und eben so auch die Bildung von Inseln, Sandbänken, Auen und Ufersümpfen. Die Ebenheit des Bodens begünstigt die Ausbreitung des eigentlichen Rinnsals, wesshalb grosse Flüsse hier nicht selten ein seeartiges Aussehen gewinnen und nicht mehr zu überblicken sind.

In einzelnen Fällen hat sich die Aushöhlung des Unterlaufbeckens so unfertig erwiesen, dass die Flüsse, unter der Mitwirkung von Hochwässern oder unbedeutenden Sandanwehungen, ihren Lauf gänzlich geändert haben. So hat sich der Amu-darja (Oxus) einst in den Kaspi-See ergossen, bis er durch die Bewegung des Sandes der nahe südlich gelegenen Wüste Descht-i-Chowar nach dem Aralsee abgelenkt wurde. Noch merkwürdiger aber ist die Veränderung, die in dieser Hinsicht der Hoang-ho, einer der grössten Ströme der Erde, erfahren hat. Dieser durchbrach im Jahre 1851 bei Kai fung sein linkes Ufer, nahm ohne Zweifel unter schrecklichen Verwüstungen seine Richtung gegen Nordost und mündet jetzt in den Meerbusen von Petsche-li, in gerader Linie 60 Meilen weit von seiner früheren Mündung in das Gelbe Meer.

119. Um die hier beschriebene Eintheilung eines Flusslaufes durch ein Beispiel zu illustriren, wollen wir den Rhein erwählen. Dieser Fluss hat seine entfernteste Quelle am

Piz Carnera, in einem tiefen und engen Querthale, das vor Chiamut mit einer steilen Stufe in das Längenthal herabfällt. Dieses Längenthal, das 10 Meilen lang bis Chur anhält, ist breit, flach, hat das relativ nicht eben grosse, mittlere Gefäll von 50 Minuten und nimmt auf beiden Seiten die aus engen, starkgeneigten Querthälern herabkommenden Seitenbäche, worunter den Hinter-Rhein bei Reichenau, auf. Nun folgen abwärts von Chur, unter scharfer Abkrümmung des Flusses, die Durchbrüche bei Zizers und Balzers, dann das grosse und schöne Becken des Bodensees, und nach abermaliger Wendung des Flusslaufes, diesmal nach Westen, der Durchbruch des Jura mit dem Wasserfalle bei Laufen und den Stromschnellen bei Zurzach, Laufenburg und Rheinfelden. Bei Basel ist dieser Durchbruch vollbracht, hier endet der Oberlauf und nimmt mit dem Knie des Rhein bei dieser Stadt der Mittellauf seinen Anfang. Der Fluss liegt hier auf dem breiten, gartenähnlichen Boden des sogenannten oberrheinischen Beckens, hat abwechselnd hohe und flache Ufer und ist unzählige Male, auf oft weit ausgebreiteten Rollkieselbänken, in grössere und kleinere Arme zwischen auigen Inseln getheilt. Dies dauert 45 Meilen lang bis Bingen, wo das letzte grosse Durchbruchthal, der Rheingau, durch das rheinische Schiefergebirge beginnt und bei 20 Meilen lang bis Bonn anhält. Hier hat der Mittellauf sein Ende und es folgt nun bis zur Mündung in die Nordsee der Unterlauf. — Die Donau zählt nicht weniger als 8 Stufenbecken mit den 6 dazwisehen liegenden Durchbrüchen von Tuttlingen, Passau-Linz, Grein-Krems, Klosterneuburg, Hainburg, Gran-Waitzen und Basiasch-Gladowa; der Oberlauf (typisch correcter durch den Inn repräsentirt) reicht bis Passau, der Mittellauf von Passau bis Gladowa und der Unterlauf von Gladowa bis zum Meere. Der Oberlauf enthält hiernach 2, der Mittellauf 5 und der Unterlauf 1 Stufenbecken. — Bei der Elbe reicht der Oberlauf bis Tetschen, der Mittellauf bis Magdeburg und der Unterlauf bis Cuxhafen. — Bei der Wolga kann man den Oberlauf bis Kasánj, den Mittellauf innerhalb der Wolga-Höhen bis Kamyschin und den Unterlauf von da bis Astrachan annehmen u. s. f.

120. **Gefäll der Flüsse.** Das Gefäll der Flüsse wird entweder, wie bei den Thälern, durch den Neigungswinkel der

Wasseroberfläche gegen den Horizont oder durch Angabe der Fallhöhe des Flusses für eine bestimmte Strecke ausgedrückt. In Gebirgsthälern kann das im Winkelmaass bestimmte Gefäll der Thalsohle auch für den Fluss gelten. Im Mittel- und Unterlauf der Flüsse, wo der Gefällswinkel ein sehr kleiner ist, wird die andere Ausdrucksweise den Vorzug verdienen. So fällt z. B. die Donau von ihren Quellen bis Pressburg 1·7, von Pressburg bis zur Mündung nur 0·8 Fuss pro Meile; der Mississippi fällt im Unterlaufe (273 Meilen) 1·3, und der Ganges ebenfalls im Unterlaufe (250 Meilen) 1·8 Fuss pro Meile. Weit grösser ist das Gefäll der kleineren Flüsse und jenes im Oberlaufe der grossen; so beträgt dasselbe für den Oberlauf der Donau (bis Passau) 12·5, für den Mittellauf der Elbe circa 6·0 und für den letzten Theil des Neckar-Unterlaufes 12·5 Fuss pro Meile. — Von dem Gefäll hängt, unter sonst gleichen Umständen, die Geschwindigkeit der Flüsse ab. An derselben Stelle eines Flussbettes aber wächst die Geschwindigkeit mit der Wassermenge. Die Geschwindigkeit wird gewöhnlich dadurch ausgedrückt, dass man angibt, wie viele Fuss das Wasser in einer Secunde zurücklegt. Da jedoch das Wasser sich in verschiedenen Entfernungen vom Ufer mit ungleicher, und ober dem Thalwege mit grösster Geschwindigkeit bewegt, so muss die Ausmittlung der letzteren überall auf gleiche Weise, d. h. immer ober dem Thalwege geschehen, wenn die gewonnenen Grössen von Werth sein sollen. Die Linie der grössten Geschwindigkeit der Wasserbewegung wird der Stromstrich genannt. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Geschwindigkeit bei Gebirgsbächen am grössten, bei Flüssen geringer und im Unterlauf der Ströme am geringsten sein wird, und dass sie bei Stromschnellen und Wasserfällen nach Umständen ein hohes oder sehr hohes Maass erreichen muss. Bei Wildbächen, mit einem Gefäll von 6 Fuss auf 100 Fuss oder von 2° 26′, beträgt die Geschwindigkeit angeblich schon 44 Fuss pro Secunde. Die Donau hat bei Ulm eine Geschwindigkeit von 7, bei Passau von 5, bei Wien von 3, bei Baja von 2 Fuss pro Secunde und im Unterlaufe ist sie ohne Zweifel noch geringer. Bei Semlin ist sie, nach des Verfassers eigener Wahrnehmung, schon so unbedeutend, dass die Bewegung des Wassers nur durch einen schwimmenden Gegenstand zu erkennen ist. Bei Stromschnellen kann sich

die Geschwindigkeit auf 10—12 Fuss und noch mehr erheben, und bei Wasserfällen ist sie von der Höhe des Falles abhängig. Wenn ein Fluss von gewöhnlichen Schiffen zu Berg befahren werden soll, darf seine Geschwindigkeit 4 Fuss nicht überschreiten.

121. **Stromschnellen und Wasserfälle.** Rasche Versteilerungen der Flussbetten in Stromschnellen oder Katarakten und Wasserfällen sind bei schiffbaren Gewässern sehr wichtige Hindernisse des Verkehrs. Sie sind jedoch im Grade sehr verschieden, und von diesem Grade wird es abhängen, ob das Hinderniss ein unübersteigliches sei. Die eigentlichen Wasserfälle bleiben in dieser Hinsicht selbstverständlich ausser Betracht. Schon bei Stromschnellen wälzt sich das Wasser mit stark vergrösserter Geschwindigkeit, rauschend, schäumend oder wirbelnd und au den felsigen Hervorragungen des Flussbettes sich brechend und stauend, über die schiefe Fläche der Unterlage hinab. Das Schiff fliegt tanzend und in seinem Gefüge knarrend über das Wasser weg, das allenthalben zu kochen scheint und mit seinen unregelmässigen, an bestimmten Stellen haftenden Wogen einen unheimlichen Anblick darbietet. Bei dieser Geschwindigkeit der Strömung ist die Steuerung schwierig und die Bergfahrt nach Umständen unmöglich. — Die Stromschnellen des Rhein sind, ausser der bei Bingen (wildes Gefährt), bereits genannt worden. Die Donau hat ebenfalls mehrere Stromschnellen, die erste bei Grein und dann noch einige innerhalb ihres letzten Durchbruches zwischen Basiasch und Gladowa, unter denen die am Islas und das sogenannte Eiserne Thor die bedeutendsten sind. Der Dnjepr hat abwärts von Jekaterinoslaw, innerhalb einer Strecke von 10 Meilen Länge, eine Reihe brausender Stromschnellen (Porogi), worunter 13 grössere, deren Fallhöhe zusammen 130 Fuss beträgt. Bekannt sind ferner die 10 Katarakte des Nil oberhalb Assuan, die Rapids des Missouri oberhalb St. Louis; der Pongo de Monseriche, jene Stromschnelle, mit der der Amazonas das Gebirge verlässt; die Raudales von Maypures im Orinoco (durch Humboldt beschrieben) u. a. m. Unter den Wasserfällen ist wol der Niagarafall der grossartigste und berühmteste; mit ihm wirft sich der hier 2000 Fuss breite St. Lorenz plötzlich über eine 150 Fuss tiefe Stufe unter einem Getöse hinab, welches 10 Meilen weit hörbar ist. Nach diesem scheint

der Zambesi-Fall in Süd-Afrika, 200 Fuss hoch, der bedeutendste zu sein. In Ost-Indien sind die Fälle des Cavery (370 und 470 Fuss hoch) ausgezeichnet. Der Rheinfall bei Schaffhausen ist 300 Fuss breit und 60—70 Fuss hoch. Im Gebirge, namentlich in den Querthälern mit scharf ausgeprägter Stufenbildung, kommen hohe Wasserfälle in Menge vor. Besonders ragen in dieser Hinsicht die skandinavischen Gebirge, die Alpen und Pyrenäen hervor. Die höchsten Fälle in Norwegen sind der Keelfoss, 2000, und der Böringsfoss, 900 Fusshoch. In den Ost-Alpen ist der Krimmlerfall, einer der schönsten Wasserfälle der Welt, über 1600, der Gasteiner-Fall 623, und der Verpeil-Fall im Kaunerthale (Tirol) in 9 dicht aufeinander folgenden Cascaden 2300 Fuss hoch. In den Mittel-Alpen hat der Handeck-Fall eine Höhe von 200, dann der Stoffelbach- und Staubbach-Fall von 840 und 900 Fuss. In den Pyrenäen endlich macht einer der Zuflüsse des Marboré einen Fall, der eine Höhe von 1250 Fuss hat.

122. **Mündungsformen der Flüsse.** Die Mündungen der Flüsse zeigen vier verschiedene Formen, und zwar: 1. Die einfache Mündung, bei welcher der Fluss ungetheilt und ohne Erweiterung des Rinnsals in das Meer fällt — Guadiana, Ebro, Duero, Sikiang, Colorado d. Westens u. a. Diese Mündungsform ist bei Flüssen, die sich in das Meer ergiessen, nicht sehr häufig und kommt nur bei Steilküsten vor. Bei Nebenflüssen ist sie jedoch aus begreiflichen Gründen die normale. 2. Das Aestuarium oder negative Delta ist jene Mündungsform, bei welcher sich der Fluss vor seinem Austritte in das Meer zu einer Art Bucht erweitert, innerhalb derselben sich mit dem ihm entgegen kommenden Salzwasser vermischt und hier Fluth und Ebbe mit dem Meere theilt. Diese Mündungsform ist häufig, und zwar bei grossen wie bei kleineren Flüssen: Amazonenstrom, La Plata, St. Lorenz, Dnjepr, Elbe, Weser, Loire, Themse u. a. m. Die Aestuarien begünstigen das sogenannte Rastern, d. i. das Eindringen der Fluth und Aufsteigen derselben in den Strom — ein wichtiger Umstand, der die Versandung der Flussmündung verhindert. 3. Die Haffmündung: Hier erweitert sich der Fluss vor der Düne zu einem Süsswassersee, der dann durch den Durchbruch der Düne sich seinen Austritt in das Meer erzwingt. Derlei Seen werden Haffe oder Strandseen und

die zwischen ihnen und dem Meere liegenden Dünentheile **Nehrungen** genannt. Diese Mündungsform kommt weit häufiger vor als es den Anschein hat. Ihr gehören, ausser den Mündungen der Oder, Weichsel, des Pregel und Njemen, mit dem vielbekannten Stettiner-, Frischen- und Kurischen Haff, noch die Portitze-Mündung der Donau mit dem Rasin-See, die des Kuban, die Etangs bei Cette, der Strangford- und Slaney-Lake in Irland, der Lijm-, Nissum- und Stavning-Fjord in Jütland, der Stagno von Orbetello in Italien, der Menzaleh-, Burlos- und Mariut-See in Aegypten (Nil-Delta), der Pamlico und Albemarle-Sund als Haffe des Roanoke in Nord-Amerika und noch viele andere mehr an. 4. Die **Delta-Mündung** endlich ist diejenige, bei der sich der Fluss vor seiner Mündung in zwei oder mehrere Arme theilt und auf diese Art einen Landstrich einschliesst, der die Form eines griechischen Δ hat. Das Delta besteht demnach aus einer oder mehreren, zuweilen aus sehr vielen Inseln, die meist niedrig und sandig, sich als das Product der von dem Strome mitgeführten und hier abgesetzten erdigen Stoffe darstellen. Das Delta ist demnach nicht blos geographisch, sondern auch als eine besondere Art von Sedimentbildung durch Ströme aufzufassen. Die bedeutendsten Deltas in Europa sind die der Wolga, der Donau, des Po, der Rhone, der Maas und des Rhein. Das grösste Delta der Erde aber ist das des Ganges, welches nicht weniger als 1000 g. Quadrat-Meilen umfasst und den Namen Sanderband führt. Andere grosse Deltas sind die des Nil, Mississippi, Orinoco, Indus, Mahanaddy, Irawaddi, Menam, Mekong, Niger, u. a. m. Im Uebrigen kommen auch Mündungen von Nebenflüssen, besonders wenn sie sich in Seen ergiessen, in Deltaform vor.

3. 123. **Wassermasse der Ströme.** Die **Wassermasse der Flüsse und Ströme** ist im Allgemeinen von der Grösse und den hygrometrischen Verhältnissen ihrer Stromgebiete abhängig. Bei gleich grossen Arealen der letzteren werden demnach Flüsse, welche durch regenarme Gegenden fliessen, weniger Wasser führen als andere, in deren Stromgebieten die Menge der atmosphärischen Niederschläge eine grössere ist. Aus diesem Grunde ist die Wolga nicht nach dem Verhältnisse des Flächeninhaltes der Stromgebiete wasserreicher als die Donau, und aus demselben Grunde sind

auch, bei gleich grossen Stromgebieten, die Flüsse der tropischen Zone im Allgemeinen, d. h. nach den hydrographischen Zuständen eines ganzen Jahres betrachtet, deshalb wasserreicher, weil es dort mehr regnet als in höheren Breiten. Ich lasse hier ein kurzes Verzeichniss der für einige Ströme ausgemittelten Wassermengen folgen. Es führt nämlich:

						P. Kub.-F.
der Mississippi	pro	Stunde	im	jährl.	Mittel	1980.000000
der Ganges	"	"	"	"	"	1753.080000
der Nil	"	"	"	"	"	1267.000000
die Donau	"	"	"	"	"	1074.800000
der Rhein	"	"	"	"	"	265.000000
die Theiss	"	"	"	"	"	178.100000
die Drau	"	"	"	"	"	138.200000

durch das Profil.

Die Wassermasse der Flüsse ist jedoch im Laufe des Jahres, je nach der Vertheilung der Niederschläge in der jährlichen Periode und nach dem Maasse des durch die Schneeschmelze in hohen Gebirgen gelieferten Wassers grossen Schwankungen unterworfen. In der heissen Zone werden die oft in ausserordentlicher Dichtigkeit fallenden tropischen Regen *) eine ein- oder zweimalige eben so bedeutende Schwellung der Flüsse hervorbringen; und da es in den Trockenzeiten gar nicht oder nur sehr wenig regnet, so werden sie in diesen Zeiten relativ sehr arm an Wasser sein. So führt der Nil bei sehr hohem Wasserstande in einer Minute 9.526000, bei niedrigem aber nur 1.267000 P. Kubik-Fuss Wasser in das Meer; für den Indus stehen die analogen Werthe auf 26.766000 und 2.450000 K.-F. Diese Zahlen verhalten sich zu einander wie wie 8:1 und wie 11:1. In den höheren Breiten haben Flüsse, welche aus Nieder- und Mittelgebirgen herabkommen ,gewöhnlich im Frühjahre zur Zeit der Schneeschmelze ihren höchsten und im Herbste ihren niedrigsten Wasserstand; bei jenen Flüssen aber, die einen grossen Theil ihrer Zuflüsse aus gletscherbedeckten Hochgebirgen erhalten, stellt sich im Sommer, wenn die Ablation der Gletscher durch die Wärme am bedeutendsten ist,

*) Nach Dalton Hooker, siehe: „Himalayan Journals", pag. 283, fielen zu Churra, in den Khasia-Bergen, NO. von Calcutta, blos im Monate August 1841 264 E.-Zoll Regen und an zwei Tagen täglich 30 Z. In sieben Monaten betrug der Regenfall 500 Z.

noch ein zweites Maximum des Wasserstandes ein, das gewöhnlich auf den Juli fällt. — In höheren Breiten überziehen sich die Flüsse zur Winterszeit mit einer compacten Eisdecke, die bei Eintritt der wärmeren Witterung aufbricht; das Fortrinnen ihrer Bruchstücke wird der Eisgang genannt.

II. Von den Seen und Sümpfen.

124. **Seen, Tümpel, Teiche.** Seen sind natürliche und dauernde Wasseransammlungen von einiger Grösse in den Vertiefungen der Erdoberfläche. Sind sie sehr klein, so nennt man sie Tümpel. Künstlich hervorgebrachte Wasserbecken werden Teiche genannt.

Je nach dem Vorhandensein oder Fehlen von sichtbarem Zu- und Abfluss, und je nach ihrer Lage, Enstehungsweise und Beschaffenheit ihrer Wässer, werden die Seen auf verschiedene Weisen eingetheilt und benannt.

So unterscheiden wir zunächst Seen mit und ohne Abfluss.

1. 125. **Flusseen, Quellseen.** Seen mit Zufluss und Abfluss heissen Flussseen, wenn sie durch Flüsse gebildet sind, deren Wassermenge ober- und unterhalb des Sees nur wenig verschieden ist. Es ist hierbei gleichgiltig, ob der einfliessende und der abfliessende Fluss gleiche oder ungleiche Namen führen. Die meisten Seen gehören dieser Classe an, wie z. B. der Genfer- und Bodensee, der Lago maggiore, Lago di Como, Lago d'Iseo und andere, bei denen der Abfluss eben so heisst wie der Zufluss, oder der Lago di Garda, der Züricher- und Chiem-See, der Ládoga-, Onéga-, Wenern- und Wetter-See, deren Abflüsse andere Namen führen als die Zuflüsse. Derlei Seen aber werden Quellseen genannt, wenn ihre Zuflüsse entweder nicht sichtbar sind, d. h. unter dem Seespiegel verborgen liegen, oder wenn sie aus einer Zahl unbedeutender Bäche und Flüsschen entstehen, von denen keiner als die obere Fortsetzung des Abflusses betrachtet werden kann. So ist z. B. der Caldonazzo-See als Quellsee für die Brenta, der Wselug-See als Quellsee für die Wolga, der Latscha-See für die Onéga, der Kubinskoje-See für die Suchona, der Torneå-Träsk für den Torneå, der Sarikul im Bolortagh als Quellsee für den Amu, der Rakus-Tal für den Setledsch, der Dsaisang-Noor für den Irtysch, der Tzana-See für den blauen Nil u. s. w. anzusehen.
2. **Binnen- und Steppenseen.** Seen mit Zufluss und ohne Abfluss sind die oben bereits zweimal erwähnten Binnenseen,

die nach ihrer Lage und Umgebung theilweise auch Steppen-Seen heissen. Der grösste aller Binnenseen ist der Kaspi-See oder das Kaspische Meer, worauf der Aral See, der Balkasch-Noor, der Grosse Salzsee in Nord-Amerika, der Titicaca See in Süd-Amerika, der Khuku-Noor, der Urumia-See, der Lob-Noor und andere folgen. — Der Lob-Noor, Ike-Namur-Noor, der Hamun-See und die unzähligen kleinen Wasserbecken in der Orenburgischen und Kirgisensteppe, in der Wüste Gobi und in Ost-Turkestan, der Cayman-See im Bolson de Mapimi (Wüste in Mexico), die Seen in den Pampas des La Plata u. a. m. sind Steppenseen.

126. **Eintheilung der Seen nach Lage und Entstehungsart.** Mit Rücksicht auf ihre Lage, Entstehungsart und Höhe kann man die Seen in Tief- und Hochlandseen eintheilen.

A. **Tieflandseen.** Tieflandseen werden diejenigen Seen sein, welche Depressionen des Tieflandes ausfüllen, wobei sie in einzelnen Fällen auch unter dem Niveau des Meeres liegen: Wenern-, Wetter-, Ládoga-, Onéga-, Peipus-See, Steinhudermeer, Dümmersee u. a. mit positiver — Kaspi-See, Todtes Meer u. a. mit negativer absoluter Höhe.

B. **Hochlandseen.** Hochlandseen, theils in Gebirgsthälern, theils auf Plateaux oder Terrassen liegend. Sie können entstanden sein

α) durch Wasserfüllung von grösseren oder kleineren Hohlformen der Erdoberfläche, hervorgegangen aus dem positiven Einsinken eines Bodenstückes, oder aus dem Zurückbleiben eines Bodenstückes auf tieferem Niveau, im Vergleiche mit anderen im Kreise herumliegenden gehobenen Theilen der Erdoberfläche (Titicaca-, Gr. Salzsee, oberer See u. a. m.), oder sie sind

β) mit Wasser ausgefüllte Thalspalten, welche durch die Erhebung des Gebirges in die Masse desselben eingerissen wurden; sie kommen sowol im Innern des Gebirges und auf den oberen Theilen ausgedehnter Tafelmassen und Flachrücken, häufiger aber an den Ausgängen der Thäler vor, wo sich die Zerreissung des Bodens bis in das angrenzende Flachland fortsetzte. Zu den Thalseen gehört z. B., nebst unzähligen anderen in allen Gebirgen, der erst vor wenigen Jahren entdeckte, 16 g. Meilen lange, 13070 P. F. hohe Pangong-See im Indus-

gebiete *). Zu den Seen auf Tafelmassen und Flachrücken sind zu rechnen: der 14310 P. F. hohe, mindestens 5 Quadratmeilen umfassende Rakustal, der eben so hochliegende, eben so grosse und fast kreisrund geformte Tso-Mápan oder Mansarowar **), so wie der auf der Nordseite des Donkia-Passes in der absoluten Höhe von 15950 P. F. liegende Cholamoo-See — vielleicht der höchste See der***) Erde — alle drei im Himalaya; der 14000 F. hohe Sarikul auf dem Pamir-Plateau u. a. m. Die Seen an den Ausgängen der Hochgebirgsthäler sind noch zahlreicher als die eigentlichen Thalseen und kommen besonders häufig im Alpenlande, dann in ganz gleicher Ausbildungsweise und in nicht geringerer Anzahl in den Gebirgen der Südinsel von Neu-Seeland †), im skandinavischen Gebirge, im Taurus u. a. a. O. vor. Von den Alpenseen dieser Art muss bemerkt werden, dass sie in früherer Zeit durchweg weit grösser waren als jetzt, und dass sie durch die, von den Flüssen herbeigetragenen und auf den Seeböden in der Form unterseeischer Schwemmkegel abgelagerten Geschiebe auf ihr heutiges Maass reducirt wurden. Die alluvialen, vollkommen ebenen Thalflächen an den oberen Anfängen der Seen, sind nichts weiter als das dem See auf dem Wege der Deltabildung abgewonnene Land (Lago die Garda, Lago die Como, Genfer-, Züricher-, Bodensee u. a. m.). Viele dieser Seen sind im Laufe der Zeit durch Auffüllung ihrer Becken oder durch Abfluss des Wassers, als die Erosion die Ausflussöffnung tiefer legte, gänzlich verschwunden. Bei den Thalbecken sind die plastischen und geognostischen Merkmale dieser alten Seeböden beschrieben worden.

γ) Eine dritte Art von Gebirgsseen, welche Oskar Peschel, einer der bedeutendsten Geographen der Gegenwart, nach meinem Namen zu benennen die grosse Artigkeit hatte, erscheinen als Folge von Bergstürzen oder von raschen Bildungen mächtiger Schuttkegel in engen Thälern, wodurch die

*) „Notes on the Pangong-Lake, District of Ladakh" von Capt. Godwin-Austen im 37. Bande der „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", pag. 343.

**) Siehe „Peterm. Geogr. Mitth.", 1871, XI.

***) „Himalayan Journals" von J. Hooker, II. 132.

†) „Notes on the Mountains and Glaciers of the Canterbury Province, New-Zeeland", von Dr. Julius Haast, 34. Band der „Journ. of the R. Geogr. Soc. of London", pag. 87 und „Reconnaissance Survey of the Lake-District of Otago and Southland", von James M 'Kerrow, ibid. pag. 56.

Wässer abgedämmt und zur Seebildung genöthigt worden. Je nach der Grösse und dem Material der Verdämmung, so wie der Wassermenge des sich anstauenden Flusses oder Baches, richtet sich der Umfang des neugebildeten Sees so wie die Dauer seines Bestandes.

δ) Die vierte Art von Hochlandseen endlich bilden die so genannten Eisseen; sie entstehen dadurch, dass sich die Masse eines im Hauptthale herabsteigenden Gletschers vor die Mündung eines Nebenthales lagert, oder umgekehrt, dass ein aus einem Nebenthale kommender Eisstrom die Sohle des Hauptthales erreicht und bedeckt, und den Bach des abgesperrten Thales zu einem See aufstaut. Solche Seen sind daher allemal auf einer Seite von hohen Eiswänden eingeschlossen, von denen sich zeitweise mächtige Brocken ablösen und als blaue Eisberge auf dem See herumtreiben. Zuweilen entstehen solche Seen auch durch den Abbruch grösserer Eismassen von Gletschern, die auf den hohen, schroff absetzenden Seitengehängen des Thales liegen, wie dies z. B. schon einige Male im Val de Bagne bei Martigny (Schweiz) durch Abbrüche des Gétroz-Gletschers geschah. — Die unter γ) und δ) aufgeführten Seen sind nicht selten, bei plötzlichen Durchbrüchen der Verdämmung, für die thalabwärts gelegenen Gegenden von verderblichen Folgen gewesen. Mit furchtbarer Gewalt, welche Felsblöcke von mehreren Tausend Fuss Kubikinhalt zu heben und fortzuschaffen vermochte, stürzte sich der Inhalt dieser Seen, in eine wilde Schlammfluth verwandelt, Alles verwüstend, und Felder, Häuser und Dörfer fortreissend, auf die unteren Thalgegenden, hier bei abnehmendem Gefäll alles von der Fluth erreichbare Land, stellenweise mit haushohen Schuttmassen überdeckend. Von dieser Beschaffenheit war 1818 der Ausbruch des Eissees im Val de Bagne und 1845 der des Vernagt-Sees im Oetzthale*). Noch weit schrecklicher aber waren

*) Die Fluth im Bagne-Thal durchlief einen 3 geogr. Meilen langen Weg mit der Geschwindigkeit von 77 F pro Secunde (nach Escher), „sie glich aber nicht einem Wasserstrome, sondern einem furchtbaren, in wüthender Bewegung sich befindenden Bergsturz. An einer Thalverengung wurden selbst anstehende Felsschichten von dieser Fluth abgebrochen und weggerissen". Worte Escher's, in Studer's Lehrbuch der physik. Geographie und Geognosie, I, 119. Die Fluth des Eissees im Oetzthale zerstörte nicht blos weite fruchtbare Strecken des Thalgrundes, sondern riss auch den Weiler Astlen mit sich fort.

die Wirkungen einer im Jahre 1841 aus dem Nubra-Thale im Indus-Gebiete, in Folge des Ausbruchs eines solchen Gletschersees gekommenen Schlammfluth; sie zerstörte nicht blos eine grosse Zahl von Ortschaften bei Iskardo und weiter abwärts, sondern trat selbst noch bei Attock, 60 g. Meilen tiefer, verheerend auf, überschwemmte hier das Lager Golab Sing's und brachte mehreren Hundert Menschen den Tod*).

Zur Zeit bestehende Eisseen sind: der Märjelen-See am Gross-Aletschgletscher, der Mattmark-See im Saaser Thale, beide in der Schweiz; der Langthaler Eissee bei Gurgl im Oetzthale und der Weissensee im Stubachthale des Tauerngebietes.

127. **Eintheilung der Seen nach der Beschaffenheit ihrer Wässer.** Bezüglich der Beschaffenheit ihrer Wässer werden die Seen in Süsswasserseen und Salzseen eingetheilt.

I. Süsswasserseen werden stets diejenigen sein, welche einen Abfluss haben; denn da dieser an salzigen Theilen so viel wegführt, als die Zuflüsse zuführen, so wird das Wasser solcher Seen in ihrem Salzgehalte keine Veränderung erfahren und demnach süss bleiben.

II. Seen ohne Abfluss hingegen werden durch die Verdunstung, welche allein ihr weiteres Anwachsen hindert, stets nur reines Wasser verlieren, wesshalb sich die von den Zuflüssen herbeigetragenen salzigen Beimengungen fortwährend vermehren und die Seen endlich so reich an Salzen werden müssen, dass ihre Wässer zum Trinken ungeeignet werden und sie selbst mit Recht als Salzseen zu bezeichnen sind. Der relative Salzgehalt derselben ist in der That oft weit grösser als der des Meeres; ja einige darunter stellen sich geradezu als gesättigte Salzlösungen dar. Doch nimmt hier nicht immer, wie im Meere, das gewöhnliche Kochsalz (Chlornatrium) den grössten Theil der fixen Stoffe in Anspruch. So enthält z. B. das Todte Meer eine übergrosse Menge Chlormagnesium, einige tibetanische Seen führen Bornatrium, die Pusztenseen Ungarns Chlor- und Schwefelnatrium u. s. w. Die an Kochsalz reichsten Seen sind der Urumia-See in Persien, der Elton-, Baskuntschatskoje- und Inderskoje-See in

*) Siehe „On the Glaciers of the Mustagh-Range", von Capt. Godwin-Austen, in den „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", Band 34, pag. 24.

der Orenburgischen Steppe Süd-Russlands u. a. Der Urumia-See enthält unter 100 Theilen fixer Stoffe 86·37, der Elton-See 51·3 Theile Chlornatrium.

128. **Seenverzeichniss.** Ich lasse hier ein Verzeichniss der wichtigsten Seen, nach ihren Flächeninhalten rangirt, unter Angabe ihrer hydrographischen Qualification, ihrer absoluten Höhen und ihrer Tiefen (insoweit sie bekannt sind) folgen:

Namen	Hydrogr. Qualif.	Areal		Absolute Höhe		Tiefe	
Kaspi-See, kaspisches Meer	Binnensee	6200	Q.-M.	78	P. F.	1254	P. F.
Oberer See (Lake Superior)	Flusssee	1524	„	560	„	768	„
Aral-See	Binnensee	1240	„	40	„	290	„
Michigan-See	Flusssee	1143	„	542	„	970	„
Huron-See	„	952	„	542	„	970	„
Tsad-See	Binnensee	760	„	850	„	—	„
Baikal-See	Flusssee	714	„	1333	„	3200	„
Grosser Sklaven-See	„	560	„	—	„	—	„
Erie-See	„	457	„	530	„	805	„
Grosser Winnipeg-See	„	420	„	782	„	—	„
Grosser Bären-See	„	370	„	—	„	—	„
Maracaybo-See	„	368	„	—	„	—	„
Ladoga-See	„	324	„	46	„	—	„
Ontario-See	„	300	„	218	„	485	„
Balkasch-Noor	Binnensee	300	„	—	„	—	„
Onega-See	Flusssee	229	„	222	„	—	„
Titicaca- oder Chacuito-See	Binnensee	181	„	12042	„	720	„
Nicaragua-See	Flusssee (Quellsee)	167	„	116	„	—	„
Athabasca-See	Flusssee	150	„	550	„	—	„
Winnebago-See	„	150	„	—	„	—	„
Grosser Salz-See	Binnensee	150	„	3850	„	—	„
Dear- (Hirsch-) See (Amer.)	Flusssee	140	„	—	„	—	„
Wenern-See	„	$108._{3}$	„	134	„	—	„
Kleiner Winnipeg-See	„	108	„	3944	„	—	„
Khuku-Noor	Binnensee	96	„	4690	„	—	„
Ssaimo-See	Flusssee	95	„	—	„	—	„
Manitoba-See	„	85	„	—	„	—	„
Urumia-See	Binnensee	$81._{6}$	„	—	„	46	„
Dsaisang-Noor	Quellsee des Irtysch	77	„	—	„	—	„
Wan-See	Binnensee	$66._{5}$	„	5016	„	—	„
Tzana-See	Quellsee des blauen Nil	64	„	5758	„	600	„
Enare-See (Lappland)	Flusssee	59	„	380	„	—	„
Champlain-See	„	$37._{5}$	„	—	„	—	„
Wettern-See	„	$36._{7}$	„	271	„	—	„

Namen	Hydrogr. Qualif.	Areal		Absolute Höhe		Tiefe	
Luleå-See	Flusssee	25	Q.-M.	—	P. F.	—	P. F.
Todtes Meer	Binnensee	23.3	"	1236	"	1700	"
Ssegosero-See (Russland) .	Flusssee	24.4	"	—	"	—	"
Bieloje-Ozero (Russl.) . .	"	20.4	"	—	"	—	"
Ilmen-See (Russland) . .	"	16.3	"	—	"	—	"
Mälaren-See	"	15.2	"	—	"	—	"
Ngami-See (Südafrika) . .	Binnensee	14	"	2825	"	—	"
Platten-See	Flusssee	12	"	440	"	36	"
Genfer See	"	11.5	"	1150	"	1155	"
Hjelmaren-See	"	9.5	"	71	"	—	"
Boden-See	"	9.5	"	1185	"	964	"
Lough-Neagh	"	7.2	"	46	"	45	"
Garda-See	"	6.5	"	329	"	601	"
Longh-Earne	"	4.8	"	—	"	—	"
Chorrib-See (Irland) . .	"	4.6	"	—	"	—	"
Ochrida-See	Quellsee des Drin	4.5	"	—	"	—	"
Lago maggiore	Flusssee	4.5	"	650	"	2666	"
Kopais-See	"	4.4	"	—	"	—	"
Neufchateller See	"	4.2	"	1340	"	1346	"
Chiem-See	"	3.5	"	1570	"	504	"
Comer See	"	3.5	"	625	"	1860	"
Elton-See	Steppen-, Salzsee	3.3	"	—	"	—	"
Iseo-See	Flusssee	3.0	"	606	"	1049	"
Siljan-See	"	3.0	"	521	"	—	"
Vierwaldstädter See . .	"	2.3	"	1350	"	1346	"
Lago di Perugia (thrasimenischer See)	"	2.0	"	—	"	—	"
Züricher See	"	1.6	"	1280	"	1260	"
Loch-Lomond	"	1.6	"	—	"	—	"
Zirknitzer See	"	1.5	"	1900	"	50	"

Mit unsicheren Daten:

Victoria-Njansa (Afrika) .	Quellsee des Nil	1500	"	3104	"	—	"
Albert-Njansa (Afrika) . .	Flusssee	1150	"	1942	"	—	"
Tanganyika (Afrika) . .	Binnensee (?)	560	"	1730	"	—	"
Nyassa-See (Afrika) . . .	Flusssee	400	"	1300	"	—	"
Tso Mápan (Mansarowar)	Binnensee (?)	5	"	15950	"	—	"
Rakus-Tal	Quellsee des Setledsch	5	"	15950	"	—	"
Sarikul	Quellsee des Amu	—	"	14640	"	—	"

129. Sümpfe und Moore. Sümpfe und Moore sind bleibende Mengungen von Wasser und Erde; ist jenes im Uebermaass vorhanden, so werden sie Sümpfe, ist diese vorherrschend, so werden sie Moore genannt.

Nach Klöden's treffender Bemerkung sind Seen und Sümpfe nur als „verschiedene, in einander übergehende Entwickelungs-Stadien eines und desselben Phänomens, nämlich der ausgedehnten Wasserbedeckung" zu betrachten. Viele Sümpfe gehen zur Zeit der Hochwässer in Seen, und diese nachher wieder in Sümpfe über, und je nach dem Auffüllungsgrade jemaliger Seebecken vermögen die Flüsse, von welchen sie einst mit Wasser vollkommen erfüllt wurden, dies jetzt nur mehr theilweise zu thun. Manche Regionen werden dabei gar nicht mehr, andere nur auf hydrostatischem Wege und in geringem Maasse, und wieder andere noch immer directe und in grösserer Menge von Wasser durchdrungen. Dadurch ergeben sich die verschiedenen Verhältnisse der Vermengung des festen und flüssigen Elementes, die Qualificationen von Moor und Sumpf und die Unsicherheit der Grenzen beider gegen einander und gegen das trockene Land.

Sümpfe und Moore kann man zuvörderst in Süsswasser-Sümpfe und in Küstensümpfe eintheilen. Die ersteren, d. i. die Süsswassersümpfe, kommen theils in Landsenken, theils in sehr flachen Strom-, Stufen- und Flussseebecken vor. Mit Sumpf ausgefüllte Landsenken können wol auch mit dem Namen Sumpfbecken bezeichnet werden.

130. Süsswassersümpfe. In den Sümpfen ist, wie gesagt, das Wasser vorherrschend und der Boden derselben höchstens in sehr trockenen Zeiten beschreitbar. Die Vegetation der Sümpfe wird sich daher meist nur auf Wasserpflanzen beschränken, deren Wurzeln am Grunde haften und deren Blüten entweder auf dem Wasser schwimmen, oder sich mit hohen Stengeln über dasselbe erheben. Bei Mooren hingegen, wo die erdigen Theile vorwalten, der Boden vom Wasser nicht mehr überfluthet ist und einige Festigkeit besitzt, wird eine reiche Cryptogamen-Flora sich entwickeln, die den Grund in ein filziges Gewebe von Wurzeln verwandelt, seinen Gehalt an Humussäure rasch vermehrt, dadurch neue Vegetationen hervorlockt und auf diese Art jene Anhäufungen von Kohlenstoff bewirkt, wodurch der Moorgrund oft einen hohen ökonomischen Werth erhält. Aus dem früher Gesagten geht übrigens hervor, dass eine genaue Grenze zwischen Sumpf und Moor nicht leicht zu ziehen ist.

Als das grösste Sumpfland in Europa sind die Tundren oder gefrornen Sümpfe (Bolsche semelskaja) im russischen Gouvernement Archangel zu verzeichnen; sie sind, bei einer Länge von 120 Meilen, im Mittel 30 Meilen breit. Die Rokitno-Sümpfe am Pripet haben eine Area von nahezu 2000 Quadr. Meilen. Andere Theile Russlands, Polen, Nord-Deutschland und Holland sind ebenfalls reich an Sümpfen und Mooren. In Bayern kommen das Donau-Ried, Donau-Moos, das Dachauer und Erdinger Moos, in Ungarn die Sümpfe im Donau- und Theissgebiet vor u. s. f. In Nord-Amerika sind die durch ihre gesundheitsschädlichen Ausdünstungen berüchtigten Swamps in Nord-Carolina, in Afrika die Sümpfe am Tsad-See und am Bahr el Ghazal und in Asien die Tundren Nord-Sibiriens bekannt.

131. **Küstensümpfe, Lagunen.** Küstensümpfe, Maremmen und Lagunen sind Sümpfe, die an flachen Küsten durch das Meer erzeugt werden, demnach Salzwasser enthalten. Sie sind durch eine eigenthümliche Fauna und Flora ausgezeichnet, für die Gesundheit der Menschen aber noch gefährlicher als Süsswassersümpfe. Die ausgedehntesten Sümpfe dieser Art sind die Lagunen des adriatischen Meeres, die sich von Monfalcone bei Görz bis Ravenna, 30 Meilen lang und eine bis zwei Meilen breit, an der Küste hinziehen und ihre Entstehung theils der tiefen Lage und dem erweislichen Sinken des Landes, theils den Delta-Bildungen der vielen Küstenflüsse verdanken, in Folge welcher das Land fortwährend gegen das Meer vorrückt. Als Salzwassersümpfe gelten ferner die Maremmen von Pisa. Die Valli di Commacchio und die Pontinischen Sümpfe hingegen gehören, ungeachtet ihrer Lage nahe an der Küste, zu den Süsswassersümpfen. Der Wash in England, der Biesbosch und einige andere Sümpfe in Holland und Nord-Deutschland sind theils Salz-, theils Brakwasser-Sümpfe.

Andere, meist aus Dialekten hergenommene Bezeichnungen für Sümpfe und Moore sind: Fenn, Luch, Ried für Sumpf; Bruch, Marsch, Moos für Moor.

Der dynamische Theil der allgemeinen Hydrographie wird, so weit er in den Rahmen dieser Arbeit gehört, im dritten oder orogenetischen Abschnitte die entsprechende Erwähnung finden.

II.

OROMETRISCHER THEIL.

1. **Orometrie.** Unter der Orometrie verstehen wir die Ausmittelung jener allgemeinen Abmessungen der Gebirge, wodurch dieselben nach ihren räumlichen Verhältnissen unter einander vergleichbar werden.

Sie ist demnach von der Hypsometrie, welche sich mit der Höhenbestimmung einzelner Punkte beschäftigt, wol zu unterscheiden. Da jedoch zur Aufstellung der orometrischen Maasse eine grössere Anzahl hypsometrischer Daten erforderlich ist, so wird es die Aufgabe der Hypsometrie sein müssen, das Gebirge für orometrische Untersuchungen entsprechend vorzubereiten.

Die aufzusuchenden orometrischen Elemente bestehen:

1. in der mittleren Gipfelhöhe des Gebirges,
2. „ „ „ Sattelhöhe „ „
3. „ „ „ Schartung „ „
4. „ „ „ Kammhöhe „ „
5. „ dem mittleren Neigungswinkel der Kammgehänge.

Diese fünf Werthe werden uns über die allgemeine Höhe der Kämme und die Beschaffenheit der Kammlinie, dann über die allgemeinen Steilheitsverhältnisse des Gebirges unterrichten;

6. in der mittleren Höhe der Thäler,
7. „ dem „ Gefälle „ „
8. „ der allgemeinen Sockelhöhe des Gebirges,
9. „ „ „ relativen Höhe der Kämme.

Diese vier Grössen zeigen uns die Tiefe und den Neigungsgrad der Thäler, so wie die relative Erhebung der Kämme über die allgemeine Tafelmasse des Gebirges, auf welcher die Kämme als dreiseitige Prismen von bestimmten und ermittelten Dimensionen aufgesetzt erscheinen. An diese Maasse schliesst sich

10. das Volumen aller Kämme und das des Gebirgssockels,
11. das Totalvolumen des ganzen Gebirges und
12. die Höhe des massiven Plateau's, d. h. die Höhe jenes, auf

der horizontalen Area des Gebirges aufgelagerten Prismas, welches aus der Ausgleichung aller Kämme und Thäler auf ein gleiches Niveau entsteht.

Diese rationell aufgefundenen Werthe stellen, sammt der Methode ihrer Ermittelung, ein System der Orometrie dar, das ich in meiner 1860 erschienenen Monographie der Oetzthaler Gebirgsgruppe zuerst kurz entwickelt und angewendet habe, und das nachher, sowol im Einzelnen als im Ganzen, mehrfache Nachfolge gefunden. Durch dieses System erst werden die Untersuchungen über die körperlichen Verhältnisse nicht blos einzelner Kämme, sondern auch ganzer Gebirge und weitumfassender Gebirgssysteme, und besonders dieser, sowol im Einzelnen als im Allgemeinen auf einen wissenschaftlichen Standpunkt gestellt und Horizonte der Vergleichung eröffnet, die mit den bisher bekannten dürftigen Mitteln für den Geographen und Geologen verschlossen waren. Diese Orometrie ist es, die für alle wichtigeren räumlichen Merkmale der Gebirge die entsprechenden, logisch entwickelten Zahlenwerthe beschafft, und auf diese Weise zu einer vergleichenden Orographie führt, deren Apparat nicht mehr wie bisher aus incommensurabeln Ansichten oder unsicheren Abschätzungen, sondern aus einem Materiale besteht, das mit der ganzen Beweiskraft correct aufgefundener Zahlen zu wirken vermag. Leider sind noch zu wenige Gebirge nach dieser Methode bearbeitet worden, als dass sich ihr Nutzen für die vergleichende Orographie schon deutlich hätte erweisen können. Bis jetzt sind es das Oetzthaler Gebirge*), die Stubayer Gruppe**), die Zillerthaler Alpen***), die Hohen Tauern†) und die Hochschwabgruppe††), also durchaus Theile des Alpen-Systems, für welche die oben angegebenen orometrischen Werthe entwickelt sind, und schon hat die Vergleichung derselben zu Resultaten geführt, von denen man früher keine Ahnung haben konnte.

*) „Die Oetzthaler Gebirgsgruppe“ von C. v. Sonklar, Gotha bei Justus Perthes, 1860.

**) „Die Stubayer Gebirgsgruppe“ von L. Barth und L. Pfaundler, Innsbruck, Wagner, 1865.

***) „Die Zillerthaler Alpen“ von C. v. Sonklar, Gotha, in einem Ergänzungshefte der geographischen Mittheilungen von Dr. Aug. Petermann, 1872.

†) „Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern“ von C. v. Sonklar, Wien 1866, Beck'sche Universitäts-Buchhandlung.

††) „Die Gebirgsgruppe des Hochschwab“ von C. v. Sonklar, in den Sitzungsberichten der k. k. Akademie der Wissenschaften, 1859, Band 34.

I. Mittlere Gipfelhöhe, Sattelhöhe, Schartung und Kammhöhe.

2. Die mittlere Gipfelhöhe eines Gebirgskammes ist das arithmetische Mittel aus den absoluten Höhen aller darin vorkommenden Gipfel.

Sind jedoch in einem Kamme nicht alle Gipfelhöhen gemessen, und ändern sich dieselben streckenweise bedeutend, was bei langen Gebirgskämmen nichts Ungewöhnliches ist, so wird man von der höheren Kammstrecke nicht mehr Gipfel zur Mittelziehung verwenden dürfen, als von einer gleich langen, niedrigeren Strecke, und eben so umgekehrt. Die benützten Gipfelhöhen werden also ziemlich gleich über die ganze Kammlinie vertheilt sein müssen, wenn das Resultat ein richtiges sein soll. Durch Autopsie unterstützt, wird man eine etwa vorhandene Lücke durch Interpolation einer Gipfelhöhe leicht auszufüllen im Stande sein, ohne dabei fürchten zu müssen, die Richtigkeit des Resultates wesentlich zu beeinträchtigen.

3. Auf dieselbe Weise wird man die mittlere Sattelhöhe eines Kammes ausfindig machen.

Leider werden in den meisten Fällen die gemessenen Gipfelhöhen in grösserer Zahl vorliegen als die gemessenen Sattelhöhen. Denn die Gipfel sind nicht nur die weit mehr in die Augen springenden, daher das Interesse in höherem Grade anregenden Theile des Gebirges, sondern es sind auch die Sättel bei trigonometrischen Höhenbestimmungen in der Regel weniger sichtbar und ihre verlässliche Collimation ohne Aufstellung eines Signals in viel selteneren Fällen möglich. Hieraus geht für alle thätigen Freunde des Gebirges eine Art Verpflichtung hervor, bei ihren Messungen den Sattelhöhen eine höhere Aufmerksamkeit zuzuwenden, um dadurch, wo möglich, einem Mangel von Höhen-Elementen zu begegnen, die für die Orometrie gerade so wichtig sind als die Gipfelhöhen.

4. Der Unterschied zwischen der mittleren Gipfel- und der mittleren Sattelhöhe gibt die mittlere Schartung des Gebirges *).

Wenn uns also die mittlere Gipfelhöhe die mittlere Erhebung der aus der Kammlinie aufsteigenden, und die mittlere Sattelhöhe die der absteigenden Kurven angibt, so wird uns die mittlere Schartung lehren, um wie viel die mittlere Höhe der Sättel unter der

*) Der Begriff der mittleren Schartung ist von mir zuerst in einem Aufsatze „Die Südseite der Zillerthaler Alpen", publicirt in dem Jahrbuche pro 1865 des Oesterreichischen Alpenvereines, aufgestellt worden.

mittleren Höhe der Gipfel liegt. Wir erhalten dadurch jenes wichtige orometrische Element, welches uns ziffermässig über den Grad der Geschlossenheit oder Zerrissenheit der Kämme und demnach auch über die relative Ueberschreitbarkeit derselben unterrichtet. Nicht minder wird die mittlere Schartung auch einen Schluss auf den landschaftlichen Effect des Gebirges gestatten; denn je grösser die Schartung ist, desto höher steigen die Gipfel über die Sättel empor und desto kühner und malerischer wird der plastische Aufbau des Gebirges erscheinen.

Da ferner der Grad der Geschlossenheit oder Zerrissenheit der Gebirgskämme einestheils von der Wirkungsweise der hebenden Kräfte, denen das Gebirge seine Entstehung verdankt, und anderentheils von dem Widerstande abhängt, den das Material des Gebirges den zerstörenden Einflüssen der Erosion (im weitesten Sinne) entgegensetzt, so wird die mittlere Schartung nicht blos die Intensität der hebenden Kräfte auszudrücken im Stande sein, sondern auch anzeigen, in welchem Grade sie durch das Gebirgsmaterial modifieirt wurde.

5. Durch Mittelziehung aus der mittleren Gipfel- und der mittleren Sattelhöhe erhalten wir die mittlere Kammhöhe, oder das allgemeine eigentliche Höhenmaass des bezüglichen Kammes. Mit den Temperatur-Messungen verglichen ist, die mittlere Kammhöhe das Analogon des Temperatur-Mittels; die mittlere Gipfelhöhe entspricht dem Mittel der positiven — die mittlere Sattelhöhe dem Mittel der negativen Extreme und die Schartung der mittleren Amplitude der Temperatur-Veränderungen.

Da die Schartung nichts Anderes ist als der Unterschied zwischen der Gipfel- und der Sattelhöhe, so folgt, dass zur Darstellung der allgemeinen Höhenverhältnisse eines Kammes die Angabe der mittleren Kammhöhe und der mittleren Schartung genügt. Die mittlere Gipfelhöhe ist dann gleich der mittleren Kammhöhe mehr der halben Schartung und die mittlere Sattelhöhe gleich der mittleren Kammhöhe weniger der halben Schartung. Ist zum Beispiel für einen beliebigen Kamm

die mittlere Kammhöhe mit 8500 und
„ „ Schartung „ 1000 F.

angegeben, so wird

die mittlere Gipfelhöhe $= 8500 + 500 = 9000$ und
„ „ Sattelhöhe $= 8500 - 500 = 8000$ F.

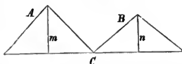
leicht zu berechnen sein.

Allerdings muss zur Bestimmung der Kammhöhe und Schartung zuvor die Gipfel- und die Sattelhöhe aufgefunden werden. Es bedarf jedoch nicht mehr dreier Zahlen, um die Höhenmaasse eines Kammes anzugeben, da sich, wie gesagt, aus der Kammhöhe und Schartung die beiden anderen Mittelmaasse, wenn man ihrer benöthigen sollte, augenblicklich entwickeln lassen. Zudem ist wol in allen Fällen die directe und evidente Angabe der Schartung nützlicher als die der Gipfel- und der Sattelhöhe.

Das absolute positive Extrem einer Kammerhebung bildet, wie wir wissen, der culminirende Gipfel. Das äusserste negative Extrem kann, wenn anders nöthig, im tiefsten Sattelpunkte gefunden werden.

Durch das Vorfahren bei Bestimmung der mittleren Kammhöhe wird der Kamm gleichsam in ein liegendes, dreiseitiges Prisma mit horizontaler, d. h. allenthalben gleich hoher Oberkante verwandelt. Der eingeschlagone Weg ist jedenfalls der richtige. Denn es bestehe, nach der nebenstehenden Figur 48, der Kamm aus den zwei Gipfeln A und B; es seien m und n die relativen Höhen dieser Gipfel über den Sattel C und die Grundlinien der im verticalen Längenschnitte entstehenden Dreiecke einander gleich und $= p$, welche letztere Annahme man in der Natur nicht umgehen kann und sich bei einer grösseren Zahl von Gipfeln auch als annähernd wahr erweisen wird — so werden die Flächeninhalte dieser Dreiecke $= p \cdot \frac{m}{2}$ und $p \cdot \frac{n}{2}$, demnach ihre Summe $= 2p \cdot \frac{m+n}{2}$ oder einem Rechtecke gleich sein, dessen Grundlinie die Länge des Kammes und dessen Höhe die halbe Summe der beiden Gipfelhöhen ist. Bei 10 Gipfeln wird der zweite Factor selbstverständlich der zehnte Theil aller Gipfelhöhen, oder das arithmetische Mittel derselben sein u. s. f. Dasselbe gilt auch für die Sattelhöhen, und da sofort das Rechteck der mittleren Sattolhöhe auf derselben Grundlinie steht wie das der mittleren Gipfelhöhe, so wird jenes Rechteck, dessen Höhe der halben Summe der Gipfel- und der Sattelhöhe gleich ist, den Flächeninhalt des Kammdurchschnittes mit jener Genauigkeit repräsentiren, die bei derlei Dingen überhaupt zu erreichen möglich ist und billigerweise auch nur gefordert werden kann.

Fig. 48.



Es ist deshalb nicht abzusehen, wesshalb Alexander von Humboldt das arithmetische Mittel aus den Höhen aller Gebirgs-Uebergänge, also gerade der allertiefsten Sattelpunkte, als den Ausdruck für die mittlere Kammhöhe eines Gebirges zu betrachten sich bewogen fand. Auf solche Weise hat er dieses wichtigste orometrische Maass für die Alpen mit nur 7200, für die Pyrenäen aber mit 7500 P. F. aufgefunden*), ein Ergebniss, das nach den eingehendsten Untersuchungen, die ich hierüber angestellt, ganz sicher ein unrichtiges ist. Die Alpen besitzen unzählige Kammeinschnitte, welche höher sind als die höchsten Gipfel der Pyrenäen, während es in den letzteren überhaupt nur wenige Sättel gibt, welche die höchsten mit Fahrstrassen versehenen Pässe der Alpen an Höhe übertreffen. Hat sich nun Humboldt bei der Bestimmung der mittleren Kammhöhen lediglich an die Sättel gehalten, und für die Pyrenäen viele der grössten Sättelhöhen benützt, so hätte er dies auch bei den Alpen thun sollen, in welchem Falle er für diese eine ganz andere, und zwar weit grössere Zahl erhalten haben würde. Ist doch der höchste fahrbare Uebergaug über die Pyrenäen — der Col de la Perche — nicht höher als 4800 F., und ergibt sich doch schon in den Ostalpen, für die Oetzthaler, Stubayer, Sarenthaler, Zillerthaler Alpen und die Hohen Tauern, also für Gebirge, die an allgemeiner Höhe den mittleren Central-Alpen so wie den Westalpen sicherlich nachstehen, eine mittlere Kammhöhe von mehr als 8500 P. F.

6. Betrachten wir nun die bisher entwickelten orometrischen Werthe dieser Art, so erhalten wir nachstehendes Bild:

		Mittlere Kammhöhe in Wr. F.	Mittlere Schartung in Wr. F.	Mittlere Gipfelhöhe in Wr. F.	Mittlere Sattelhöhe in Wr. F.	Verhältniss der Schartung zur Kammhöhe
1	Oetztbaler Geb.-Gruppe . . .	9515	680	9855	9175	1 : 14·0
2	Stubayer Geb.-Gruppe . . .	8850	850	9275	8425	1 : 10·4
3	Zillerthaler Alpen	8465	762	8845	8082	1 : 10·9
4	Hohe Tauern	8620	740	8990	8250	1 : 11·6
5	Kleine Tauern	6420	710	6775	6065	1 : 9·0
6	Hochschwab-Gruppe	4450	1445	5172	3728	1 : 3·0
7	Nordtirolische Kalk-Alpen . .	5820	1090	6365	5275	1 : 5·3
8	Südtirolische Dolomit-Alpen .	7100	1090	7645	6555	1 : 6·5

*) „Poggendorf's Annalen", Band XIII, pag. 522 und Band LVII, pag. 411 und 415.

Aus diesem kleinen Verzeichnisse lässt sich zuvörderst erkennen:

1. dass die östlichen Central-Alpen von Westen gegen Osten im Allgemeinen an Höhe abnehmen;
2. dass die Hohen Tauern innerhalb dieser Regel eine Ausnahme machen und einen kleinen Aufschwung zu grösserer Höhe darstellen;
3. das die Schartung im umgekehrten Verhältnisse zur Höhe der Gebirge steht, d. h. dass sie absolut und relativ bei höheren Gebirgen kleiner und bei niedrigen Gebirgen grösser ist;
4. dass sie im Kalk-Terrain weit grösser ist als in Schiefer-Gebirgen, und
5. dass sie bei den, in ihren Structur-Verhältnissen weit mehr gestörten äusseren Theilen der Alpen ebenfalls weit grösser ist, als bei den inneren, weniger gestörten Gruppen.

Alle die oben angegebenen orometrischen Maasse beziehen sich nicht auf die Hauptkämme allein, sondern auf die Gruppen im Ganzen, d. h. auf die Haupt- und Nebenkämme zugleich.

7. Um nun diese orometrischen Werthe für ganze Gebirge aufzufinden, müssen die für die einzelnen Kämme und Schartungen gefundenen richtig verbunden werden. So wäre es z. B. gewiss fehlerhaft, wollte man die Mittelhöhe eines 20 Meilen langen, sehr hohen Kammes mit der eines nur 2 Meilen langen weit niedrigeren Kammes zu einer einfachen Mittelziehung verbinden. Jeder Kamm muss also mit seinem specifischen Werth in Rechnung gebracht werden und dieser specifische Werth ist seine Länge.

Um demnach die mittlere Kammhöhe und die mittlere Schartung für ein ganzes Gebirge zu bestimmen, hat man die für die einzelnen Kämme aufgefundenen Grössen mit den Längen ihrer Kämme zu multipliciren, und die Summe dieser Producte durch die Summe der Kammlängen zu dividiren. Ein Beispiel wird dies am besten erläutern. Es bestehe ein Gebirge aus 6 Kämmen und es seien die Kammhöhen, Schartungen und Kammlängen wie folgt:

	Mittlere Kammhöhe	Mittlere Schartung	Kamm-länge
bei dem Kamme A	9000 F.	820 F. . . .	10 Meilen
„ „ „ B	7650 „	880 „ . . .	6 „
„ „ „ C	8200 „	830 „ . . .	7 „
„ „ „ D	7900 „	910 „ . . .	5 „

	Mittlere Kammhöhe	Mittlere Schartung	Kammlänge
bei dem Kamme E	8550 F.	840 F.	8 Meilen
„ „ „ F	7300 „	960 „	4 „

so ist:

für den Kamm A	9000 × 10 = 90000 . .	. 820 × 10 = 8200
„ „ „ B	7650 × 6 = 45900	880 × 6 = 5280
„ „ „ C	8200 × 7 = 57400	830 × 7 = 5810
„ „ „ D	7900 × 5 = 39500	910 × 5 = 4550
„ „ „ E	8550 × 8 = 68400	840 × 8 = 6720
„ „ „ F	7300 × 4 = 29200	960 × 4 = 3840
Die Summen sind:	40 330.400	40 34400

Demnach die mittlere Kammhöhe des ganzen Gebirges:

330400 : 40 = 8260 F.

und die mittlere Schartung des ganzen Gebirges:

34400 : 40 = 860 F.

Sofort ergibt sich

die mittlere Gipfelhöhe des ganzen Gebirges:

8260 + 430 = 8690 F.

und die mittlere Sattelhöhe des ganzen Gebirges:

8260 — 430 = 7830 F.

8. Alexander von Humboldt hat, um die Energie und die plastischen Verhältnisse der Gebirgserhebungen numerisch darzustellen, die Kammhöhen mit den Höhen der culminirenden Gipfel in Vergleich gesetzt, sich jedoch hierbei der von ihm unrichtig entwickelten Kammhöhen bedient. Wenn wir dasselbe für die in ihren orometrischen Dimensionen verlässlicher eruirten Gebirge thun, so erhalten wir nachstehende Tabelle.

		Mittlere Kammhöhe = a	Höhe des culminirenden Gipfels = b	$a : b$
1	Oetzthaler Geb.-Gruppe . . .	9515 F.	11946 F.	1 : 1·26
2	Stubayer Geb.-Gruppe . . .	8850 „	11100 „	1 : 1·24
3	Zillerthaler Alpen	8465 „	11124 „	1 : 1·30
4	Hohe Tauern	8620 „	12010 „	1 : 1·39
5	Kleine Tauern	6420 „	9030 „	1 : 1·41
6	Hochschwab-Gruppe	4450 „	7175 „	1 : 1·58
7	Nordtirolische Kalk-Alpen . .	5820 „	9598 „	1 : 1·63
8	Südtirolische Dolomit-Alpen . .	7100 „	11050 „	1 : 1·55

Es ist also auch hier, wie bei der Schartung, das Verhältniss der Höhe des culminirenden Gipfels zur Kammhöhe: 1. um so kleiner, je höher das Gebirge ist, 2. es ist in den Kalkalpen weit grösser als in den minder gestörten kristallinischen Schiefern und 3. es ist im Allgemeinen kleiner als das von Humboldt angegebene Verhältniss wie 1 : 2. Nach dem Ergebnisse dieser Untersuchung ist anzunehmen, dass es sich bei höheren Gebirgen noch mehr von diesem Verhältniss entfernen werde.

2. Mittleres Gefäll der Kammgehänge.

9. Dieses orometrische Maass ist aus mehreren Gründen von grosser Wichtigkeit. In orographischer Beziehung bestimmt es zunächst das Volumen des Gebirgskammes und drückt auch den Grad der Schwierigkeit aus, mit welcher derselbe zu überschreiten ist. Der Neigungswinkel der Gehänge wird aber auch einen Schluss auf die Vegetationsdecke des Kammes, d. h. auf seinen ökonomischen Werth, wie nicht minder auf die Zahmheit oder Wildheit der von ihm abrinnenden Gewässer gestatten. Sehr steile Gehänge werden felsig und unwirthlich, sanftere werden für die Zwecke der Feldwirthschaft oder Viehzucht brauchbar sein.

Jedermann, der sich mit der Bestimmung der Gefällswinkel des Gebirges jemals beschäftigt, hat gewiss auch erfahren, wie schwierig, ja sogar gänzlich unausführbar derlei Messungen in der Natur sind, und wie vielen Täuschungen das Auge bei dem Versuche einer approximativen Ermittelung dieser Winkel ausgesetzt ist. Ich habe oben auf einige der hierbei vorkommenden Fehlerquellen und Schwierigkeiten aufmerksam gemacht. Die vornehmlichste und nicht zu bewältigende Quelle von Irrthümern aber liegt in der Wahl jener quer über das Kammgehänge zu legenden Linie, deren Neigungswinkel gegen den Horizont gemessen werden soll. Denn lässt man diese Linie auf dem nächsten Gipfel beginnen, so erhält man offenbar einen allzu grossen Winkel, aus dem einfachen Grunde, weil der Kamm, auch von den Sätteln weg, von welchen der Fallwinkel ein viel kleinerer ist, gegen das Thal abdacht. Wählt man jedoch als Ausgangspunkt jener Linie den nächsten Sattel, so wird man eben so ein viel zu geringes Winkelmaass erhalten, abgesehen davon, dass die Sättel in der Regel vom Thal aus gar nicht sichtbar sind. Im Uebrigen wird man, namentlich im höheren Gebirge, kaum je einen Standpunkt finden, auf welchem die vom

Kamme zu Thal gehende und senkrecht auf die Thalrichtung einfallende Gerade gesehen und ihr Abfallswinkel, ohne Fehler in der Projection, gemessen werden könnte.

Diesen Schwierigkeiten kann jedoch mit Hilfe einer guten Karte des Gebirges und nach geschehener Bestimmung der mittleren Kammhöhe durch ein bestimmtes Rechnungsverfahren vollkommen begegnet werden. Durch die Benützung der mittleren Kammhöhe wird das Gefäll der Gehänge auf das allgemeine Höhenmaass des Kammes bezogen und das Resultat dadurch von allen Zufälligkeiten in den Undulationen der Kammlinie befreit. Zur Bestimmung der einzelnen Neigungswinkel werden Thalpunkte von bekannter Höhe, welche mehr oder minder gleichmässig auf der Thalsohle vertheilt sind, gewählt. Hierauf werden die Höhenunterschiede zwischen der mittleren Kammhöhe und der Höhe jener Thalpunkte, sodann vermittelst der Karte und des Zirkels der geringste horizontale Abstand der Thalpunkte von der Kammlinie aufgefunden, worauf sich der betreffende Neigungswinkel durch den Ausdruck tang $\varphi = \frac{d}{a}$, wo φ den zu suchenden Winkel, d den erwähnten Höhenunterschied und a den horizontalen Abstand bedeutet, leicht berechnen lässt. Das Mittel aus den gewonnenen Winkelwerthen gibt dann den mittleren Abfallswinkel des behandelten Gebirgskammes auf der bezüglichen Seite. Es ist klar, dass vielleicht keiner der nach dieser Methode ermittelten einzelnen Winkel einen objectiven Werth besitzt; ihr Durchschnitt wird jedoch gewiss das gesuchte mittlere Gefälle des Gehänges richtig darstellen, wenn anders die Anzahl der verfügbaren Thalpunkte, mit Rücksicht auf die Länge des Kammes, keine allzu geringe ist. Nöthigenfalls kann wol auch durch angemessene Interpolation eines Thalpunktes die Zahl dieser Einzelwinkel vermehrt werden.

Der Durchschnitt aus den Abfallswinkeln beider Kammgehänge gibt den mittleren Abfallswinkel des Kammes im Ganzen.

10. Um nun den mitteren Abfallswinkel der Kammgehänge für ein ganzes Gebirge aufzufinden, werden wir wie bei den Kammhöhen und Schartungen verfahren, d. h. wir werden die für die einzelnen Kämme ermittelten Winkel mit den Kammlängen multipliciren, und die Summe dieser Producte durch die Summe der Kämmlängen dividiren.

11. Die nach dieser Methode gerechneten Abfallswinkel einzelner Gebirge sind:

Für das Oetzthaler Gebirge	aus	76	Einzelwinkeln	. . . 20° 17′
„ die Stubayer Gruppe	„	98	„	. . . 23° 42′
„ „ Hohen Tauern	„	492	„	. . . 25° 31′
„ „ Zillerthaler Alpen	„	177	„	. . . 26° 13′
„ „ Hochschwab-Gruppe	„	60	„	. . . 17° 11′

Diese Werthe lassen erkennen:

1. dass die mittleren Neigungswinkel der Kammgehänge selbst im Hochgebirge durchaus nicht so gross sind, als es auf den ersten Blick den Anschein hat, und als sie bisher von einigen Seiten, auf Grund ungenügender Beobachtungen, angegeben worden sind*);

2. dass sie bei den grossentheils aus Gneiss und stellenweise auch aus Granit aufgebauten Kämmen der Hohen Tauern und der Zillerthaler Alpen grösser sind als bei den meist aus Glimmerschiefer gebildeten Oetzthaler und Stubayer Gebirgen, und

3. dass diese Winkel mit der Höhe des Gebirges rasch abnehmen.

Dies schliesst jedoch Anomalien bei einzelnen Kämmen da wie dort nicht aus. So zeigt, im Oetzthaler Gebirge, der Pitzkamm westlich ein mittleres Gefälle von 32, und der Matscherkamm nördlich von 30 Grad; in den Hohen Tauern fällt der Sulzbach-Kamm östlich mit 44, dagegen der Rathhausstock bei Gastein nur mit 19, der Pinniser Kann in Stubay östlich mit $37^{1}/_{4}$, westlich mit mit 31, und in der Hochschwab-Gruppe die Kalkmasse der Zeller-Starritzen im Mittel mit $28^{2}/_{5}$ Grad zu Thal ab.

3. Mittlere Höhe und mittleres Gefäll der Thäler; allgemeine Sockelhöhe des Gebirges.

12. Unter der mittleren Höhe des Thales verstehen wir jene absolute Höhe, die das Thal bekäme, wenn wir, ohne den Flächeninhalt des durch die Thalsohle gehenden Längenprofils zu ändern, den Schnitt durch die Thalsohle in eine horizontale Linie verwandeln.

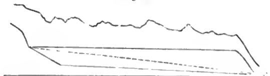
Hierzu ist zuerst die Feststellung des Thalursprungs nothwendig, was in zweifelhaften Fällen nach der oben auf Seite 126 gegebenen Anleitung leicht geschehen kann. Es muss in dieser Beziehung correct und consequent vorgegangen werden, weil sonst die

*) „Neuere Untersuchungen über die physik. Geographie und Geol. d. Alpen" der Gebrüder Schlagintweit, pag. 134.

Thalhöhen leicht unrichtig bestimmt, dadurch ein wichtiges orometrisches Element geschädigt und das Resultat des ganzen Rechnungssystems zweifelhaft wird.

Es ist von einigen Seiten die Ansicht ausgesprochen worden, dass das arithmetische Mittel der Anfangs- und Ausgangshöhe des Thales die Mittelhöhe desselben hinreichend genau ausdrücke. Dies ist jedoch nicht richtig, und in den meisten Fällen noch um Vieles unrichtiger, als wenn man, aus der höchsten und tiefsten Temperatur des Tages durch einfache Durchschnittsrechnung das Tagesmittel bestimmen wollte. Jene Mittelziehung wäre nur in dem einzigen Falle anzuwenden, wo die Thalsohle, vom Anfange bis zum Ende, eine regelmässig fallende gerade Linie darstellt. Auf diese Art sind jedoch im höheren Gebirge nur äusserst wenige Thalfurchen construirt. Nach der oben vorgeführten Charakteristik der Querthäler bestehen dieselben meistens aus einer Folge von Terrassen, bei denen die zwischenliegenden Thalstufen von sehr verschiedener Höhe sind. Es kann also in dem einen Falle die Thalsohle sehr lange auf grosser Höhe verharren und erst nahe vor der Thalmündung rasch auf ein tieferes Niveau herabfallen (Krimmler Achenthal, Defereggen-, Gerlos-Thal u. a), oder sie kann sich in einem anderen Falle gleich Anfangs tief in den Grund eingenagt haben, und dann mit nicht weiter gebrochener Sohle in das Hauptthal ausmünden. Im ersten Beispiele würde also das Mittel

Fig. 49.



aus der Anfangs- und Ausgangshöhe offenbar weit unter — im zweiten Beispiele weit über der wahren Mittelhöhe stehen, was aus dem nebenstehenden Diagramme auf den ersten Anblick zu erkennen ist.

Man wird also eine genaue mittlere Thalhöhe nur dadurch erhalten, dass man aus den absoluten Höhen einer entsprechenden, gleichmässig über die Thallänge vertheilten Zahl von Thalpunkten das arithmetische Mittel sucht.

So habe ich z. B. die Mittelhöhe des Krimmler Achenthales aus 8 Thalpunkten mit 4425, des Gasteiner Thales aus 10 solchen

Punkten mit 3520, des Möllthales aus 12 Thalpunkton mit 3110 und die des Oetz-, Fender-, Rofenthales aus 19 Punkten bestimmt.

13. Anders ist es mit dem mittleren Gefälle der Thäler, worunter man, wie bei dom Gefälle der Flüsse, den Winkel versteht, den die zu einer geraden Linie ausgespannto Verbindung von Thalursprung und Thalmündung mit dem Horizonte einschliesst. Dieser Winkel wird ebenfalls logarithmisch durch die Gleichung $\tan \varphi = \frac{d}{n}$ gefunden, wo φ don zu suchenden Fallwinkol, d den Höhonunterschied zwischen dem Ursprungs- und dem Mündungs-Punkte und n die Thallänge bedeutet.

Für manche Zwecke der Orographie und Hydrographie wird es wünschenswerth erscheinen, die Gefälle für einzelne oder für alle einzelnen Theilstrecken des Thales zu kennen, was nach Ausmittelung der hierzu nothwendigen Höhendifferenzen und Streckenlängen nach der obigen Formel leicht gerechnet werden kann.

14. Unter dem Sockel des Gebirges verstehe ich jene, im Meeres-Niveau beginnende prismatische Erdmasse von horizontaler Oberfläche, auf welcher die Gebirgskämme als dreiseitige Prismen aufgesetzt sind. Sie hat die horizontale Area des Gebirgos zur Grundfläche, deren Grösse mittelst der Karte bestimmt werden kann. Durch die rationelle Ermittelung der Sockelhöhe wird die Gebirgsmasse in zwei Körper von bekannten Dimensionen getheilt, und zwar in den Sockel einerseits, und in die zu einer Summe vereinigten Gebirgskämme andererseits.

Bei Auffindung der absoluten Höho dieses Sockels werdon die Höhen der Thäler maassgebend sein, da diese es sind, welche die relative Höhe der Kämme gegen die Oberfläche des Sockels bedingen. Es müssen zu diesem Ende die Höhen aller jener Thälor, welche die Kämme rechts und links einschliessen, bekannt sein und in die Rechnung eingeführt werden. In keinem Fallo aber sind die Höhen jener secundären Nebenthäler zu benützen, die in einen Kamm eingreifen, der bei der Bestimmung der Kammhöhe und des Neigungswinkels der Kammgehänge als ein ungetheiltes Ganzes angesehen wurde. Dort endlich, wo oin transversal gegliedertes Gebirge von einem grossen Längenthale eingeschlosson ist, da darf auch dio Höhe dieses Längenthales nicht in die Rechnung eintreten, weil dasselbe schon durch die Ausgangshöhen der Querthäler seinen Einfluss auf die Sockelhöhe bereits geltend gemacht hat.

Auch hier wird sofort jede einzelne Thalhöhe nur mit ihrem, durch die Thallänge ausgedrückten specifischen Werthe zur Mittelziehung herangezogen werden dürfen, und man wird sonach die mittlere Sockelhöhe des Gebirges dadurch erhalten, dass man die Summe der Producte der mittleren Thalhöhen in die dazu gehörigen Thallängen durch die Summe der Thallängen dividirt. Ich halte es für überflüssig, dieses Verfahren durch ein Beispiel zu erläutern; es gleicht ganz jenem, das bei der Bestimmung der mittleren Kammhöhe und mittleren Schartung eines ganzen Gebirges befolgt wurde.

15. Auf diese Weise haben sich einige Sockelhöhen in den Ostalpen wie folgt ergeben:

für	die	Oetzthaler Gebirgsgruppe	mit	5122	W. F.
„	„	Stubayer „	„	3586	„
„	„	Zillerthaler Alpen	„	3880	„
„	„	Hohen Tauern	„	4080	„
„	„	Hochschwab-Gruppe	„	2200	„

Dieses Verzeichniss zeigt zuvörderst die ungemein mächtige Hebung des Oetzthaler Gebirges und eine Basishöhe seiner Kämme, wie sie ohne Zweifel im ganzen Gebiete der Alpen nicht wieder vorkommt, wenn auch andere Alpentheile sie in der Höhe ihrer Kämme und Gipfel weitaus übertreffen. Aber auch in den drei folgenden Gruppen ist die Hebung noch immer ansehnlich genug, besonders in den Hohen Tauern, denen in vielen Beziehungen die Zillerthaler Alpen gerade so zur Seite stehen, wie die Stubayer den Oetzthaler Gebirgen. Die Hochschwab-Gruppe endlich offenbart die bedeutende Abschwächung der hebenden Kräfte gegen den östlichen Rand der Alpen.

Es bedarf wol kaum einer Erwähnung, dass die Sockelhöhe des Gebirges jenes orometrische Zahlen-Element ist, welches die Energie und Massenhaftigkeit einer Gebirgserhebung am besten zu repräsentiren geeignet ist.

4. Volumina des Sockels und der Kämme; Totalvolumen des Gebirges und Höhe des massiven Plateau's.

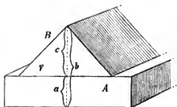
16. Es wird nun ein Leichtes sein, die Volumina der beiden Componenten des Gebirgskörpers — Sockel und Kämme — zu bestimmen. Die Einfachheit und Leichtigkeit, mit der dies jetzt geschehen kann, zeigt den Nutzen, den die Abscheidung und Höhenbestimmung des Gebirgssockels aus der gesammten Gebirgsmasse gewährt.

Den Kubikinhalt des Sockels erhält man durch die Multiplication der horizontalen Area des Gebirges mit der Sockelhöhe. Die horizontale Area aber kann aus der Karte mit Hilfe eines Planimeters sehr leicht aufgefunden werden.

Nun erübrigt noch die Berechnung des kubischen Inhaltes der Kämme. Da diese durch die Bestimmung der mittleren Kammhöhe für das ganze Gebirge, sowie des allgemeinen mittleren Neigungswinkels aller Kammgehänge, auf ein gemeinschaftliches gleiches Maass gebracht sind, so können alle Kämme, durch Addition ihrer Längen, als ein einziger Kamm, d. h. als ein einziges liegendes dreiseitiges Prisma betrachtet werden, dessen Länge bekannt und dessen Höhe durch Subtraction der Sockelhöhe von der mittleren Kammhöhe erhalten wird. Diesen Unterschied wollen wir die relative mittlere Kammhöhe nennen.

In dem nebenstehenden Diagramm bedeutet A den Gebirgssockel, B den allgemeinen und dem Sockel aufgesetzten Kamm, dessen Länge wir mit Σl ausdrücken wollen, a die Sockelhöhe, b die mittlere Kammhöhe, also $b - a = c$ die relative mittlere Kammhöhe, φ den bekannten mittleren Neigungswinkel der Kammgehänge, und drücken wir endlich die horizontale Area des ganzen Gebirges mit F aus, so ist

Fig. 50.



der Kubikinhalt des Gebirgssockels $= Fa$,

" " der Gebirgskämme $= c \times cotg\,\varphi \times \Sigma\, l$,

daher

der " des ganzen Gebirges $= Fa + c \times cotg\,\varphi \times \Sigma\, l$

und nennen wir diesen letzteren Ausdruck, d. h. das Totalvolumen des Gebirges der Kürze wegen V, so wird $\frac{V}{F}$ die Höhe des massiven Plateau's, d. h. jenes Prismas sein, welches entsteht, wenn man das Totalvolumen des Gebirges gleichmässig über seine horizontale Area vertheilt.

Dieses letzte orometrische Ergebniss zeigt wol am deutlichsten die wahre Grösse des jetzt bestehenden Gebirgsmassivs, während die mittlere Kammhöhe die allgemeine Höhe der Erhebung, die mittlere Schartung (unter sonst gleichen Umständen — Bodenmaterial), die Qualität der Erhebung, die relative mittlere Kamm-

höhe, sowol die Tiefe der ursprünglichen Zerspaltung der Gebirgsmasse als auch den Effect der nachgefolgten Erosion und die allgemeine Sockelhöhe, endlich die Massenhaftigkeit der Erhebung, mit relativen Maassen auszudrücken die Eignung hat.

17. Es möge nun ein Verzeichniss der für einige Theile der Ostalpen ermittelten Maasse der letztgenannten Art mit ihren numerischen Prämissen folgen.

	Mittlere allgemeine Kammhöhe in W. F.	Länge aller Kämme in Meilen	Mittlere Sockelhöhe in W. F.	Horizontale Area des Gebirges in Quad.-Meilen	Mittlere relative Kammhöhe in W. F.	Mittlerer allgemeiner Neigungswinkel der Kammgehänge	Volum des Gebirgs-Sockels	Volum der Kämme	Totalvolum des Gebirges	Höhe des massiven Plateau's in W. F.
							in Kubik Meter			
Oetzthaler Gebirge . .	9515	56·31	5122	41·60	4303	20°—17′	8·88576	5·04683	13·93259	8034
Stubayer Gebirge .	8850	37·21	3580	27·51	5265	23—42	4·10931	3·80773	7·91704	6968
Zillerthaler Alpen . .	8465	54·25	3880	43·10	4585	26—13	6·97010	4·01250	10·98760	6120
Hohe Tauern	8620	103·98	4080	96·38	4540	25—31	16·72580	7·79770	24·52350	6050
Hochschwab-Gruppe .	4450	23·50	2200	18·50	2250	17—11	1·69645	0·95387	2·65032	3534

Diese Tabelle weist einige merkwürdige Eigenthümlichkeiten der hier verzeichneten Gruppen nach. Sie zeigt zwar das Oetzthaler Gebirge, sowol in Kamm- als Sockelhöhe wie auch in der Höhe des soliden Plateau's, als das bedeutendste; dafür aber ist die relative Höhe seiner Kämme unter den vier erstgenannten Gruppen am kleinsten, d. h. seine Thäler schneiden am mindesten tief in die Gebirgsmasse ein, während bei der Stubayer Gruppe das umgekehrte Verhältniss stattfindet — Thatsachen, die in der grossen Höhe der Thalsohlen des Fender-, Gurgler-, Pitz-, Kaunser-, Langtauferer-, Matscher-, Schnalser- und oberen Passeyerthales im Oetzthaler Gebirge, sowie durch die relativ tiefe Lage des Stubayer-, Gschnitzer-, Pflersch-, Ridnaun- und Ratschingesthal in der Stubayer Gruppe, ihren praktischen Ausdruck finden.

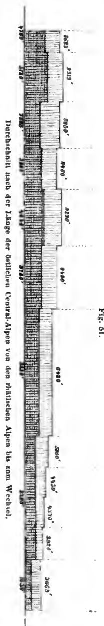
18. Das Programm der zur orometrischen Bearbeitung eines Gebirges nach dem hier vorgetragenen Systeme auszuführenden Arbeiten ist demnach folgendes:

1. Berechnung der mittleren Gipfelhöhen aller Kämme,
2. „ „ „ Sattelhöhen „ „
3. „ „ „ Schartungen „ „
4. „ „ „ Kammhöhen „ „

5. Berechnung der mittleren Abfallswinkel für die gewählten Thalpunkte und ihres Mittels für den Kamm,
6. Ausmittlung aller einzelnen Kammlängen,
7. Berechnung des mittleren Abfallswinkels der Kämme für das ganze Gebirge,
8. Berechnung der mittl. Kammhöhe } für das ganze Gebirge,
9. Berechnung der mittl. Schartung } für das ganze Gebirge,
10. Berechnung der mittleren Thalhöhe für jedes geeignete Thal,
11. Ausmittlung aller einzelnen Thallängen,
12. Berechnung des mittleren Thalgefälls aller Thäler und, wenn nöthig, der Thalstrecken.
13. Berechnung der Sockelhöhe des ganzen Gebirges,
14. Berechnung der relativen mittleren Kammhöhe,
15. Berechnung des kubischen Inhaltes des Gebirgssockels,
16. Berechnung des kubischen Inhaltes des allgemeinen mittleren Gebirgskammes,
17. Berechnung des Totalvolums des Gebirges,
18. " der absoluten Höhe des soliden Plateau's.

Diese Rechnungs-Operationen haben einige Aehnlichkeit mit jenen, welche bei meteorologischen Untersuchungen ausgeführt werden; doch unterscheiden sie sich von diesen zu ihrem Vortheil dadurch, dass sie es nicht mit veränderlichen Grössen zu thun haben, und dass ihre Resultate keine fictiven, nur durch die logische Verbindung der Grundelemente gerechtfertigten Werthe besitzen.

19. Um die Verhältnisse der Kamm- und Sockelhöhen der Gebirge auf bildlichem Wege zur Anschauung zu bringen, habe ich in einem vom „Ausland" in den Nummern 1, 2, 3 und 4 pro 1869 publicirten Aufsatze „über die plasti-



Durchschnitt nach der Länge der östlichen Central-Alpen von den rhätischen Alpen bis zum Wechsel.

Fig. 51.

schen und hypsometrischen Verhältnisse der Ostalpen“ vorstehende Darstellungsweise angewendet, die sich durch Einschaltung einiger anderer wichtiger orometirschen Maasse vielleicht noch vervollständigen liesse.

Die oberen Zahlen beziehen sich hier auf die mittleren Kamm-, die unteren auf die Sockelhöhen.

III.

OROGENETISCHER THEIL.

A. Allgemeines.

1. Dieser Abschnitt soll sich damit beschäftigen, zu zeigen, auf welche Art die verschiedenen Reliefformen der Erdoberfläche zu Stande gekommen sind.

Mit dieser Frage stehen wir offenbar vor einem der höchsten und letzten Probleme der physikalischen Geographie. Wie schwierig aber die Lösung dieser umfassendsten und verwickeltsten aller Aufgaben ist, das zeigen die abweichenden Ansichten der gewiegtesten Geologen aller Länder. Niemand war zugegen, als die Alpen oder die Pyrenäen, der Kaukasus oder der Himalaya ihre Glieder aus dem Meere emporstreckten; niemand hat die Art ihres Werdens belauscht. Sind sie langsam, Jahrtausende oder Jahrhunderttausende lang aufgestiegen, etwa wie jetzt noch Süd-Amerika oder Norwegen, mit dem Maasse von 2—4 F. in Hundert Jahren, aufsteigen, oder geschah dies rasch und gewaltsam, d. h. in relativ kurzen Zeiträumen, durch welche allein jene grossen und wunderbar mannigfaltigen Störungen in dem natürlichen Schichtenbaue der Erdkruste erklärbar scheinen? Welchen Antheil hatte ferner der Rückzug der erkaltenden Erdmasse an der Ausbildung ihres oberflächlichen Reliefs? Oder wenn, im Widerspruche mit vielen Ergebnissen untadelhafter Induction und mit den Befunden der Spektralanalyse — wornach die Sonne sowol als der Jupiter noch immer gasförmige oder flüssige Massen sind — der jemalige Feuerfluss der Erde, und mit ihm das plutonische Princip überhaupt geleugnet wird — wie lassen sich da die Höhen und Tiefen der Erdoberfläche erklären? Genügt hierzu die Metamarphose der Gesteine allein, oder wenn nicht, in welchem Maasse hat sie die anderen hebenden Kräfte unterstützt? Wie endlich, und in welchem Grade hat die Erosion, nach allen Richtungen ihrer zerstörenden Thätigkeit aufgefasst, an der Modellirung der Erdoberfläche Theil genommen?

Es ist klar, dass eine Erklärung der hier in Rede stehenden Phänomene nur an dem Leitfaden der Naturgesetze gesucht werden darf. Aber die ungeheueren Dimensionen, so wie die oft maasslos verwickelte Form der Erscheinungen, bringen es leicht dahin, den Verstand sowol über die Natur der ihnen zum Grunde liegenden Kräfte als auch über die Art ihrer Wirkungen irre zu führen. Wir sind gewohnt, an unbekannte Grössen die unseren Vorstellungen geläufigen Maasse anzulegen. Dadurch kommt es, dass dem Einen die Annahme irgend einer Ursache unmöglich scheint, die ein Anderer, dessen Geist sich mit der Möglichkeit mächtigerer Wirkungen vertraut gemacht hat, als annehmbar und wahrscheinlich erachtet. Andererseits sind von Manchen Naturkräfte von ausserordentlich wirksamer Art desshalb übersehen worden, weil von ihren Wirkungen zur Zeit nichts mehr wahrzunehmen ist, oder weil dieselben in ihrem Einflusse auf die Gestaltung der Erdkruste schwer abzuschätzen sind, was insbesondere von jenen Störungen gilt, die durch den Rückzug der erkaltenden Erdmasse hervorgebracht wurden. Bei Anderen wieder hat irgend eine mit Wärme ergriffene Theorie, wie nützlich sie auch in vielen Punkten war, alle übrigen Ansichten dermaassen überfluthet, dass sie für alles gut stand und eine Ausschliesslichkeit in Anspruch nahm, die sich gegen jede andere Erklärung und selbst gegen ihre eigenen Widersprüche mit den Erscheinungen in der Natur verschloss.

So ist es gekommen, dass über die Entstehung von Hoch und Tief, von Berg und Thal, von Land und Gebirgen im Laufe der Zeit, je nach dem Stande der Naturwissenschaften und je nach den herrschenden Ansichten der Zeit und Einzelner sehr verschiedene Lehrmeinungen aufgestellt wurden. So ward aus dem Umstande, dass fossile Muscheln auf hohen Bergen gefunden wurden, zunächst geschlossen, die Sündfluth habe sie auf jene Höhe emporgetragen. Dies geschah im XV. und XVI. Jahrhunderte, als die Geologie noch in ihren Windeln lag. Aber auch später noch, im XVII. und XVIII. Jahrhunderte, als die Erfahrungen über den Bau der Erdkruste sich bereits ansehnlich vermehrt hatten, wurde von dem Streben nicht abgelassen, die Geschichte der Erdbildung mit der mosaischen Urkunde in Uebereinstimmung zu bringen. Hierdurch gerieth die sogenannte neptunistische Theorie in Aufnahme und ward sogar in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, durch Buffon und Werner wissenschaftlich begründet, zur herrschenden. Aber schon früher hatte man zu den unterirdischen Kräften seine

Zuflucht genommen; bald sollten es nur die Erdbeben, bald nur die Vulkane gewesen sein, durch welche Berge und Thäler entstanden sind. Schon war man auf diesem Wege, und zwar durch den Italiener Lazzaro Moro, dahin gelangt, an der Hand der Thatsachen alle bisher aufgestellten, hypertheoretischen Ansichten zu beseitigen, als, wie gesagt, die neptunische Theorie auf längere Zeit das wissenschaftliche Feld behauptete. Gleichzeitig machten sich aber auch allerlei andere, zum Theil höchst sonderbare und merkwürdige Theorien geltend, was besonders bei den eigentlichen Geographen geschah, die sich berufen glaubten, im Interesse einer Gebirgs-Systematik das Möglichste zu leisten, und „an die Stelle der wirklich beobachteten Erscheinungen die Gebilde einer irregeleiteten Einbildungskraft zu setzen" *). Bald hielt man die Erde für einen nach geometrischen Gesetzen organisirten Körper, d. h. für einen Kristall, und die Kanten dieses grossen Polyeders sollten eben die Gebirge sein (Delametherie); für diese letzteren kamen die klingenden Bezeichnungen „Ossature du Globe" (Desmarest) und „Charpente du Globe" — Gezimmer der Erde — (Buache) in Aufnahme. Alle Gebirge sollten hiernach unter einander im striktesten Zusammenhange stehen, dabei von einigen wenigen Punkten radienförmig auslaufen, sich über die Ebenen und die Meere hindurch fortsetzen (chaines de montagnes marines), um in einem anderen Continente wieder aufzutauchen und die Verbindung mit einem anderen Centralpunkte aufzusuchen (Buache). Nach Anderen sollten sich die Gebirgsketten der Erde genau an die Meridiane und Parallelkreise halten (Buffon), oder sie wurden in ein so vollständiges Netz von Bergmeridianen und Bergparallelen eingezwängt, „dass sich die Lage der einzelnen Punkte auf der Erdoberfläche nach einem solchen Netze eben so genau würde eintragen lassen, als nach dem künstlichen Netze unserer Karten" **) (Gatterer, Otto, Zimmermann).

Erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurde die fast vergessene Ansicht von dem Einflusse der im Innern der Erde sitzenden Kräfte auf die Entstehung der Gebirge neuerdings hervorgeholt, durch Hutton und Playfair einer wissenschaftlichen Revision unterzogen und als plutonische Theorie in die ihr gebührenden Rechte wieder eingesetzt. Es hatte nämlich mittlerweile der grosse Alpenforscher Horace de Saussure die Geologie der Alpen erschlossen, und jene beiden Gelehrten selbst hatten den Bau der schottischen

*) Allgemeine Länder- und Völkerkunde, von Dr. H. Berghaus, II, 436.
**) Ibidem, II, 436.

Gebirge eingänglich untersucht, wodurch so viele Thatsachen an das Licht gezogen wurden, dass, ihnen gegenüber, die neptunische Theorie, nach ihrem bisherigen Umfange, nicht mehr haltbar wurde. Aber erst durch Alexander von Humboldt und Leopold von Buch, diese beiden grössten Geologen aller Zeiten, wurde der innere Bau der Gebirge in seinem Einflusse auf ihre Plastik richtig erkannt und dargestellt. Durch diese Lehre, ich möchte sie die geognostische Orographie nennen, wurde der Begriff des Gebirges von seiner Geognosie abhängig, wodurch alle früher erwähnten, übertriebenen Vorstellungen von der Erstreckung, dem Zusammenhange und der Richtung der Gebirge von selbst wegfielen.

2. Wenn also, dieser Theorie gemäss, die Gebirge als Erhebungsmassen angesehen werden müssen, so haben sich dennoch in neuerer Zeit, innerhalb dieser Theorie, verschiedene Ansichten über die Natur der hebenden Kräfte geltend zu machen gesucht. So wird z. B. von einigen jetzigen Geologen der jemalige feuerflüssige Zustand des Erdkörpers, so wie in Folge dessen das Vorhandensein einer, den plutonischen Eruptionen zum Grunde liegenden, hohen Temperatur im Erdinnern bestritten, und dafür, zur Erklärung der erwähnten Hebungsvorgänge, die Umwandlung der Gesteine auf chemischem Wege in einem Umfange angenommen, der beinahe alle kristallinischen Felsarten. selbst die ältesten eruptiven, einschliesslich des Granits und Syenits, zu sedimentären und später metamorphosirten Gesteinen macht. Durch diese Umwandlung sollen die in den Meeren der Vorzeit entstandenen Sedimente in ihrem Volumen allmälig sich verändert, und durch ihr Aufsteigen oder Einsinken jene Niveau-Veränderungen auf der Erdoberfläche hervorgebracht haben, die sich jetzt als Höhen und Tiefen des Erdfesten kundgeben. Wegen der Langsamkeit, mit welcher alle jene Umwandlungsprocesse und daher auch alle Hebungen und Senkungen vor sich gingen, wird diese Theorie zuweilen die quietistische genannt. Sie hat in Charles Lyell einen berühmten Führer und in England ihre meisten Anhänger gefunden, obwol es ihr nicht gelungen ist, den grössten Geologen jenes Landes. Roderick Murchison, zu ihren Ansichten zu bekehren. Doch will es scheinen, als sei diese Lehre theils in Folge der immer grössere Anerkennung und Ausbreitung findenden, mechanischen Wärmetheorie, mit deren Hilfe sich die durch den Umsatz der Kräfte hervorgegangene Anfangs-Temperatur des Erdkörpers berechnen lässt, theils in Folge der Spectral-Analyse, die für die Sonne die Existenz einer noch immer

ausserordentlich hohen Wärme unwiderleglich nachweist, in entschiedenem Rückgange begriffen.

Nicht als ob der Metamorphismus überhaupt geleugnet werden dürfte. Umbildungen von Gesteinen haben zu allen Zeiten und an allen Orten, in grösserem oder geringerem Umfange und in allen möglichen Graden und Arten stattgefunden. Aber Eines ist es, den Metamorphismus in der angedeuteten Beschränkung anerkennen, und ein Anderes, ihn nicht nur als Argument für die gegenwärtige mineralogische Constitution des grössten Theiles der bekannten Gesteine, sondern auch als das Princip für alle Bewegungen der Erdkruste und aller gestörten Lagen, aller Faltungen, Knickungen, Verwerfungen und Ueberstürzungen der Schichten erklären. Schon haben einige der früheren Anhänger der metamorphischen Theorie einsehen gelernt, dass Angesichts so gewaltiger Zerrüttungen der Schichten, wie sie die Geognosie aller höheren Gebirge nachweist, der Recurs auf eine andere, lebendiger wirkende Ursache unabweislich sei, und dass die nunmehr erleichterte Annahme eines feuerflüssigen Erdinnern mit seinen drastischeren Reactionen gegen die dünnere Erdkruste früherer Zeiten, die Thatsachen der Natur weit leichter und ungezwungener zu erklären im Stande sei, als die zahme und langsame Thätigkeit der Gesteinsmetamorphose.

3. In seinem Werke „Manual of Geology" hat Dana auch den Rückzug der erkaltenden Erdkruste in seinem Einflusse auf die Gestaltung der Erdoberfläche in Betracht gezogen und ist dabei zu wichtigen Schlussfolgerungen gekommen. Er hat überzeugend nachgewiesen, wie durch die Verringerung des Erdvolums in Folge der Abkühlung ein Druck innerhalb der Erdkruste in horizontaler Richtung entstand, der bei fortgesetztem Rückzug, und als die Kruste selbst sich ihrer verkleinerten Oberfläche nicht mehr anbequemen konnte, zu Brüchen und Faltungen oder zu beiden führen musste. Hier hat die Erde stets als ein Ganzes reagirt, wesshalb sich die erwähnten Wirkungen über ihre ganze Oberfläche ausbreiteten, wenn sie auch in verschiedenen einzelnen Theilen verschieden waren. War aber irgend ein Stück der Kruste, unter der Einwirkung des Druckes, aus seiner früheren Lage gewichen, so musste ein Theil desselben, in Folge des ursprünglichen Zuges nach abwärts, gegen die Tiefe gezogen und ein anderer Theil in Folge der secundären Einwirkung des fortgesetzten Seitendruckes in die Höhe gehoben werden. Auf diese Art erfolgte Bruch auf Bruch, wobei eine Masse über die andere geschoben wurde, oder es erfolgte

Faltung auf Faltung in parallelen Wellen, oder es ergaben sich Brüche und Faltungen zugleich — alle diese Effecte veränderlich, nach der localen Beschaffenheit der Kruste, nach ihrem zeitlichen Verhältniss in Beziehung auf Feuchtigkeit und Temperatur und nach der Wirkungsweise der bewegenden Kraft selbst*).

Dana zeigt sofort die Allgemeinheit dieser Wirkungen durch die vorherrschend parallele Gliederung fast aller Gebirgssysteme der Erde, insbesondere der Apalachen, wie nicht minder die Uebereinstimmung der Thatsachen mit der Ursache und macht darauf aufmerksam, dass die Biegsamkeit der Gesteine, wie sie bei Faltungen der Schichten vorausgesetzt werden muss, theils durch die Langsamkeit der Bewegung grosser, tafelförmiger Massen, theils durch Nässe, Hitze und Dämpfe, welche moleculare Bewegungen innerhalb des Gesteins ermöglichten, befördert werden sein mochte. Im Uebrigen hält Dana, wenngleich ein Metamorphiker ersten Ranges, den Rückzug der erkaltenden Erdkruste doch nicht für das alleinige Princip aller Niveau-Aenderungen der Erdoberfläche. Nebst den eigentlichen metamorphischen Einwirkungen lässt er auch den Druck überliegender horizentaler Massen auf compressible nasse Thon- und Sandlager, die Schwere nicht cohärenter mächtiger Schichten in geeigneter Stellung, so wie die Schwere neu sich anhäufender Formationen über ausgedehnten Theilen der Erdoberfläche, vulkanische Ejectionen, die durch ihre Wärme fortwirken, so wie endlich die Bewegungen des feuerflüssigen inneren Erdmagma's als Ursachen dieser Art gelten.

4. Aber abgesehen davon, dass immer nur die Hebungen der Erdoberfläche als Ursachen der Gebirgsbildung angesehen werden, haben sich vorzüglich Beaumont und Hopkins mit der dynamischen Seite dieser Frage beschäftigt. So hat der Erstere, der schon in den Jahren 1829 und 1835 den Einfluss der Erdabkühlung auf die Entstehung der Gebirge in dem Sinne behauptete, wie er später von Dana auf die oben angegebene Weise einlässlicher untersucht wurde, — die Richtung der Gebirgserhebungen als von der Zeit, in der sie stattfanden, abhängig dargestellt. Hiernach sollten alle in einer und derselben geologischen Periode entstandenen Gebirge auf der ganzen Erde den Richtungen grösster Kreise folgen, die unter sich parallel liegen und den Aequator oder die Parallelkreise

*) „Manual of Geology“ von J. Dana. „Mouvements of the earths crust etc.“, pag. 717.

unter gleichen Winkeln schnitten *). Das Resultat dieser Arbeit, der selbstverständlich eine genaue Untersuchung über das relative Alter der Gebirge vorangehen musste, war die Aufstellung von 13 Hauptrichtungen der Gebirgserhebung. Obgleich diese Theorie der geognostischen Orographie nicht wenig genützt hat, so haben doch spätere Forschungen sie als unhaltbar nachgewiesen. — Hopkins hingegen hat mit Hilfe höherer Rechnung die Gesetze für die Aufspaltung gehobener grösserer Erdmassen unter den dabei eintretenden allgemeinen Bedingungen zu ermitteln versucht und dadurch der Lehre von der Kamm- und Thalbildung einen sehr wichtigen Dienst geleistet.

Indessen aber wurden von den bedeutenderen Geologen der Gegenwart und nächsten Vergangenheit, von einem Humboldt, v. Buch, Hausmann, Freiesleben, den beiden Escher und Studer, Naumann, Cotta, Hauer und Gümbel, Sedgwick, De la Beche, Murchison und Lyell, Beaumont, Dufresnoy, Archiac, Sismonda, Dana, Rogers, Logan u. v. A. nicht blos die factischen Zustände des Erdbaues mit grossen Erfolgen untersucht, sondern auch die Erklärung desselben in ein System gebracht, das nun in seiner Gesammtheit eine Wissenschaft darstellt, die durch die Raschheit ihres Aufschwunges ein Unicum in der Geschichte der menschlichen Entwicklung ist.

5. Dieser Wissenschaft zufolge sind alle bedeutenderen Hochformen der Erdoberfläche als Effecte von Hebungen anzusehen, deren Ursachen im Innern des Erdkörpers zu suchen sind. Die nächste Wirkung einer solchen Ursache war ein Druck, der entweder vertical von unten nach oben oder seitlich nach der Richtung der Erdoberfläche wirkte.

Die eine wie die andere Aeusserungsform hatte die Dislocation einzelner kleinerer oder grösserer Theile der festen Erdkruste zur Folge, wodurch sich ihre Niveau-Verhältnisse änderten. War der von unten nach oben gerichtete Druck die Wirkung einer Temperaturerhöhung innerhalb eines Theiles der Erdkruste, so erfolgte, wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens, die Bewegung der Erdoberfläche aufwärts langsam, grosse Zeit- und Erdräume umfassend und ohne wesentliche Störung der bestehenden geotektonischen Verhältnisse. Aus der entgegengesetzten

*) „Recherches sur les révolutions de la surface du globe", Annales des sciences naturelles 1825 und „Extrait d'une série des recherches sur les révolutions du globe", Ibid., 1835.

Ursache erfolgte eine Senkung, in gleicher Weise auf Zeit und Raum vertheilt. Solche Vorgänge werden wegen ihrer langen Dauer säculare Hebungen und Senkungen genannt.

War jedoch der erwähnte Druck von unten nach oben heftigerer Art, war er nämlich die Wirkung von plutonischen Massen, die aus dem Erdinnern sich aufwärts bewegten, so war der Hebungsprocess nicht blos von kürzerer Dauer, sondern es war selbstverständlich auch der von dem Drucke ergriffene Theil der Erdoberfläche räumlich kleiner, daher der störende Einfluss des Druckes grösser. Es konnten hierbei jene plutonischen Massen entweder in ihrer Bewegung auf halbem Wege innehalten und sich wieder beruhigen, oder sie konnten an den Tag hervorbrechen, um hier zu erstarren und selbst fortan einen Theil der Erdkruste zu bilden. In beiden Fällen mussten, wenn auch in verschiedenem Grade, Zerreissungen der von der Hebung direct ergriffenen Krustentheile, Zertrümmerungen einzelner Massen, Injectionen des feuerflüssigen Erdmagmas in die benachbarten Schichten und überhaupt alle jene gewaltsamen Störungen des ursprünglichen Schichtenbaues erfolgen, die wir an solchen Stellen oft in erstaunlicher Grossartigkeit und Mannigfaltigkeit wahrnehmen. — Aber dieses Eindringen eruptiver Massen in die schon bestehende geschlossene Erdkruste musste nothwendig auch einen Seitendruck nach allen Richtungen erzeugen, wodurch, als secundäre Wirkungen, allerlei Aufstauchungen, Faltungen und Risse auch in entfernter liegenden Krustentheilen die natürliche Folge waren.

Mittlerweile aber übte die Contraction des Erdkörpers durch Abkühlung den oben geschilderten Einfluss auf die Erdkruste ohne Unterbrechung aus, und zwar theils selbstständig und ohne die Intervention eruptiver Vorgänge, theils indem sie die eruptiven Durchbrüche zur Lösung der durch sie in der Erdkruste erzeugten Spannungen benützte *).

*) Dana hält diesen Rückzug für das einzige, den Wirkungen angemessene Princip aller Niveau-Aenderungen der Erdoberfläche (Manual etc., pag. 720) und leugnet den Effect des Aufsteigens plutonischer Massen in dieser Richtung. Dem widersprechen jedoch die Ansichten vieler Geologen von Bedeutung, insbesondere des grössten neueren Alpenforschers Bernhard Studer, der die Bildung sowol von Erruptionsketten als auch von vielen Massengebirgen plutonischen Vorgängen zuschreibt, so wie auch viele andere unzweideutige Erscheinungen dieser Art in der Natur, wie z. B. das grosse Porphyr-Plateau bei Bozen, die Melaphyrgebirge des Fassathales, die tafelartigen Granitmassen der Cevennen und Finnlands, das Plateau von Dekhan, die Basalt-Plateau's in Ab yssinien u. a. m.

Nebenher traten die metamorphischen Einwirkungen, die Transportskraft des fliessenden Wassers, die Erosion im weitesten Umfange genommen und die Bildungen der Gletscher als weitere Factoren der Bodenplastik auf.

6. Was nun die Form der durch alle diese Agentien hervorgebrachten Unebenheiten der Erdoberfläche anbelangt, so haben sich hierüber nachfolgende Gesetze aufstellen lassen:

1. Eine Hebung kann, je nach der Einwirkung der hebenden Kraft, auf einen Punkt, eine Linie oder auf eine grössere Area der Erdoberfläche, eine centrale, eine lineare oder eine Flächenhebung sein.
2. War die Hebung rasch oder in ihrem Maasse bedeutend, so erfolgte eine Zerreissung oder Zerspaltung des gehobenen Bodens, mit oder ohne Durchbruch eruptiver Massen.
3. Bei einer centralen Hebung ward der Boden vom Centralpunkte aus radial zerspalten, d. h. von einem System strahlenförmig angeordneter Spalten durchrissen.
4. Bei einer linearen Hebung folgte die Richtung derselben einem grössten Kreise der Erde, und die Spalten öffneten sich in zwei auf einander senkrecht stehenden Richtungen, von denen die eine mit der Axe der Hebung parallel lief, die andere auf dieser Axe senkrecht stand.
5. Bei einer Flächenhebung, die in den meisten Fällen eine erweiterte Linearhebung war, geschah die Aufsprengung des Bodens auf ähnliche Art wie bei der letzteren, nur war das Spaltennetz dann reicher entwickelt.
6. Flächenhebungen hatten jedoch meistens centrale oder lineare Hebungen im Gefolge.
7. Die durch Seitendruck hervorgebrachten Hebungen, gleichviel ob sie sich durch das Aufsteigen oder Zurücksinken einer Spaltenwand, oder durch Faltungen der Erdoberfläche kundgaben, folgten denselben Gesetzen, d. h. die Spalten sowol als die Falten lagen in der Richtung grösster Kreise, und wenn es bei beiden zu weiteren Brüchen kam, so waren die neuen Spalten entweder parallel mit der ersten Spalte und parallel mit dem Rücken der Falten, oder sie standen senkrecht auf die Richtungen derselben.
8. Die Spalten, die aus einem und demselben Hebungsprincip hervorgingen waren geradlinig und standen — die Spalten einer centralen Hebung ausgenommen — auf einander senk-

recht. Eine gebogene oder diagonale Spalte zeigt daher immer die Concurrenz zweier, verschieden orientirter und gleichzeitiger Hebungen bei ihrer Bildung an.

9. Aus den Spalten entstanden im Laufe der Zeiten allmälig die Thäler und aus den zwischen den Spalten stehen gebliebenen Erdprismen die Gebirgskämme der Gegenwart.

10. Plutonische Ergüsse von grosser Ausdehnung erzeugten massive Decken, die später gelegentlich durch Hebungen oder durch Wasser-Erosion zerschnitten wurden.

11. Metamorphische Processe wirkten meistens durch Volumenvergrösserung der betroffenen Massen; sie traten entweder selbstständig oder secundär in Folge eruptiver Vorgänge auf, und sprachen sich in beiden Fällen durch Flächenhebung und Seitendruck aus. Doch konnten diese Wirkungen nur local und ohne grossen Einfluss auf die Gestaltung der Erdoberfläche gewesen sein.

12. Die vulkanische Thätigkeit der Erde machte sich theils durch Erschütterungen des Bodens und die damit häufig verbundenen Einstürze gehobener Bodentheile, durch Löcher, Risse und Verwerfungen, theils durch die Bildung vulkanischer Aufschüttungs- und Erhebungskegel, durch Lavaströme und Auflagerung vulkanischer Sedimente geltend.

13. Die transportirende Kraft des Wassers erzeugt die Dünenhügel an den Küsten, die Barren und Deltas an den Flussmündungen, die Sandbänke, Auen und Inseln der Flüsse, die Schwemmkegel und Murbrüche in den Gebirgsthälern u. dergl. m.

14. Die Erosion im weiteren Sinne entfaltet ihre langsame, dafür aber unablässige Thätigkeit hauptsächlich in zwei Richtungen, und zwar durch die Verwitterung und durch die Wasserspülung. Jene verringert die festen Massen der Erde in ihrem Volumen durch Zersetzung, diese nagt Runsen und Mulden, Racheln und Schlünde, Schluchten und Thäler in die Erdoberfläche ein, so dass die verbundene Thätigkeit beider nicht nur den grössten Antheil an der Herstellung der gegenwärtigen Gestalt der Gebirgskämme sowie der Hügel und Berge des Flachlandes, sondern auch an der hydrographischen Organisation des gesammten Landes hat.

15. Die plastische Bedeutung der Gletscher endlich liegt einerseits in den Gebilden von Schnee und Eis, aus denen sie

bestehen, und andererseits in den eigenthümlichen Schutt-Anhäufungen, welche durch die den Gletschern innewohnende Mechanik bedingt sind.

B. Entstehung von Land und Gebirgen.

I. Hebungen.

7. Wie in den vorstehenden Absätzen bereits angedeutet wurde, unterscheiden wir fünf Ursachen von Hebungen des Bodens, u. z. von wirklichen und nicht blos relativen Bodenerhebungen, welche letzteren oft genug auch dadurch entstanden sind, dass durch irgend eine fremde Kraft das umliegende oder benachbarte Erdreich fortgeschafft wurde. Diese Ursachen sind: 1. Das Aufsteigen plutonischer Massen, 2. der Rückzug der erkaltenden Erdkruste, 3. die vulkanischen Vorgänge, 4. die metamorphischen Processe und 5. die säcularen Hebungen durch Temperatur-Erhöhung eines Theiles der Erdkruste.

Es wird wol keiner Erwähnung bedürfen, dass nur bei wenigen Bodenerhebungen eine der genannten Ursachen das Feld ihrer Thätigkeit allein und ausschliesslich beherrschte. So waren die säcularen Hebungen wie nicht minder die plutonischen, und gewiss auch die vulkanischen Eruptionen, von mehr oder minder ausgedehnten metamorphischen Processen begleitet. Eben so haben sich die letzteren, wenn dabei eine Volumzunahme der in der Metamorphose begriffenen Gesteine stattfand (was jedoch nicht immer der Fall war), gewöhnlich durch langdauernde Hebungen ausgesprochen. Aber eben wegen dieser Complication der Ursachen wird es in vielen Fällen sehr schwer sein, den Antheil zu bestimmen, der einer jeden einzeln zugeschrieben werden darf. Der Naturforscher befindet sich hier ungefähr in der Lage eines Historikers, der ein wichtiges geschichtliches Factum aus einer Zeit erklären soll, die seine Aufgabe mit keiner von einem Augenzeugen geschriebenen Urkunde unterstützt, und über welches ihm nur die Kenntniss einer Summe bedingender, vieldeutiger Umstände zur Verfügung steht. Wie hier der Geschichtsschreiber nach den Gesetzen historischer Wahrscheinlichkeit aus dem Gewordenen auf die Art des Werdens zurückschliessen wird, ebenso wird der Geologe in den schwierigen Fällen, wie sie ihm hier vorliegen, nach den ihm bekannten Naturgesetzen in das Dunkel der Vorzeit einzudringen

suchen. Und wie dort ein und dasselbe historische Factum von diesem Historiker so, und von jenem anders interpretirt ist, weil beide die relativen Werthe der bedingenden Verhältnisse ungleich taxirten und dieselben in ihren Schlussfolgerungen ungleich verbanden, ebenso ist auch in geologischen Dingen, wo die Induction noch schwieriger und gefährlicher, eine und dieselbe Thatsache oft sehr verschieden aufgefasst und erklärt worden. — Die Complication der bei den Erhebungen des Bodens thätig gewesenen Ursachen macht daher auch die Classification dieser Erhebungen nach einzelnen Ursachen unmöglich.

8. **Entstehung einzelner Berge.** Einzelne isolirt stehende Berge, wenn sie nicht Ueberreste zerstörter Gebirge sind, deren Trümmer von der Erosion fortgeschafft wurden (Schlossberg bei Graz, Mönchs- und Capuzinerberg bei Salzburg u. a.), sind dann meist Resultate älterer oder neuerer Eruptionen, wobei verschiedene Bildungsformen zu unterscheiden sind.

Die eine dieser Formen stellt breite Kuppen, Buckeln, Dome oder Glocken dar und besteht aus jüngeren Eruptivmassen (Basalt oder Trachyt), die in zähflüssigem Zustande aus dem Erdinnern hervorgedrungen und dann rasch erstarrt sind. Hierher gehören die euganeischen Hügeln bei Padua, die zahlreichen Basaltkuppen im nördlichen Böhmen und in Siebenbürgen, die Basalt- und Phonolithkuppen der Rhön und des Vogelsgebirges, ferner einige Granit-Inseln im sächsischen Erzgebirge, die Granit-Berge im Fichtelgebirge, am Kolywan-See im Altai, die Syenit-Berge der schottischen Inseln, der Kaiserstuhl im Badischen u. s. f. Die Structur der älteren Gebilde dieser Art ist die massige, die der jüngeren theils die massige, theils die concentrisch schalige, oder es ist das Gestein wie bei den Basaltbergen oft säulenförmig angeordnet; in den meisten Fällen erscheint die Masse von Gängen durchzogen, die entweder aus jüngeren Varietäten desselben Gesteines oder auch aus anderen eruptiven Gesteinen bestehen.

Eine zweite Form ist die der vulkanischen Aufschüttungskegel, bei welcher, durch die Feuerthätigkeit des Vulkans, allerlei vulkanische und auch nicht vulkanische Stoffe aus dem Erdinnern emporgehoben und in Gestalt eines Kegels um den allmälig aufsteigenden Kraterrand aufgehäuft wurden. Solche Berge sind mehr oder minder deutlich stratificirt und es fallen die Schichten auf allen Seiten vom Krater weg. Dieser Entstehungsweise gehören selbst die höchsten Vulkane der Anden und Mexicos an; sie bestehen durchweg aus

einem Haufwerk von trachytischen Gesteinen, die bei der Zerstörung der früheren Hochflächen ohne die Mitwirkung von Lava zu Stande gekommen sind. Dieselbe Genesis muss wol auch den meisten Ringwällen und sog. Erhebungskegeln zugeschrieben werden.

Die gewaltigsten Ringwälle sind auf den Sunda-Inseln anzutreffen; sie haben mitunter einen Durchmesser bis zu einer g. Meile und sind in einzelnen Exemplaren noch vollkommen geschlossen; zu diesen letzteren gehört der Ring des Tengger-Gebirges auf Java, der des Bator-Gebirges auf Bali und der des Rindjani auf Lombok *); andere theilweise durchbrocnene oder zerrisseue Ringwälle sind: die des Salak und Panggerango **), des Klut-Ardjuno, Ijang und Raun-Idjen ***), sämmtlich auf Java. Abgesehen von der sehr ungleichen Höhe dieser Ringwälle untereinander sind sie auch in sich sehr ungleich hoch, so dass selbst die ganz geschlossenen Gebirgskämmen mit hohen Gipfeln neben tiefen Sätteln gleichen So trägt der grosse Ringwall auf Lombok den 13370 F. hohen Krater des Rindjani neben einem kaum 8500 F. hohen Sattel. Ueberhaupt stehen hier die thätigsten Vulkane auf den Ringwällen selbst; sie fehlen aber auch im Innern nicht, doch hat der grosse Ring des Bator-Gebirges auf Bali keinen Eruptionskegel innerhalb des Walles aufzuweisen.

Wenn nun schon diese durchaus vulkanischen Ringwälle wegen ihrer ungewöhnlichen Dimensioneu billig einen Zweifel rechtfertigen, ob sie auch wirklich alte Aufschüttungskegel seien, die in Folge von Einstürzen auf ihre heutige Gestalt reducirt wurden, und vielleicht die Ansicht zulassen, dass sie aus der Verkettung einer Zahl im Kreise gestellter Eruptionskegel hervorgingen, deren Unterlage durch „einen eigenthümlichen Mechanismus centraler Erhebung“ †) aufwärts gedrängt wurde, so dürfte diese letztere Ansicht bei jenen Ringwällen, welche erweislich aus neptunischen Sedimenten zusammengesetzt sind, keinem Hindernisse begegnen. Gebilde dieser Art sind z. B. der gewaltige Erhebungskegel des Elbrus im Kaukasus ††),

*) „Der Indische Archipel“ von Zollinger in „Peterm. G. Mitth.“, 1858, pag. 56.

**) Naumann „Lehrbuch der Geografie“, pag. 71.

***) „Der Indische Archipel“ von Zollinger in „Peterm. G. Mitth.“, 1858, pag. 56.

†) Naumann: „Lehrbuch der Geognosie“, pag. 71.

††) „Jonrney in the Caucasus etc.“ by D. W. Freshfield, in den „Journals of the R. Geogr. Soc. of London“, Band 39, pag. 50.

dann die Erhebungsthäler von Pyrmont und Driburg in Westphalen u. a. m. Doch haben sich auch bei kleineren Ringwällen, welche ganz aus vulkanischen Stoffen bestehen, Verhältnisse nachweisen lassen, welche den Schluss gestatten, dass sie erst durch Hebung ihre gegenwärtige Gestalt erlangt haben, ein Schluss, der noch weiter durch die damit verbundene radiale Zerspaltung der gehobenen Masse, wie sie die Theorie bei centralen Hebungen vorschreibt, unterstützt wird.

9. **Entstehung der Gebirgsketten.** Die Entstehung der Gebirgsketten durch Hebung kann auf verschiedene Weise erklärt werden; man unterscheidet:

1. Eruptive Ketten, wie: der Böhmerwald, der Thüringer Wald, das Lausitzer Gebirge, der Ural, die Ketten des Mont Tarare und des Vélay-Gebirges in Frankreich u. v. a. m., welche durch linear angeordnete Eruptionen plutonischer Massen gebildet worden sind. Wie Studer meint, mögen manche dieser Ketten einst mächtige Gänge gewesen sein, die durch die Erosion ihres Nebengesteins entblösst wurden.
2. Spaltungsketten, hervorgegangen aus der oben erwähnten parallelen Zerspaltung des Bodens gelegentlich einer linearen Hebung. Die Ketten dieser Art offenbaren keinerlei Zusammenhang zwischen der Richtung ihres Streichens und ihrer Structur, d. h. die Schichten des Gebirges werden von den Thalspalten unter allen möglichen Winkeln geschnitten. Die Thäler sind hier meist sehr tief, die Gehänge auf beiden Seiten steil und die Gestalt der Kämme von dem Materiale derselben und von der Einwirkung der Erosion abhängig.
3. Die kristallinischen Centralmassen. Unter diesem Ausdruck versteht man die im Inneren grösserer Gebirgs-Systeme auftretenden Kämme aus Gneiss oder aus kristallinischen Massengesteinen. Die Schichten solcher Gneisse (Centralgneiss), welche sich immer auch petrographisch von anderen Gneiss-Arten unterscheiden, stellen entweder aufrechte oder verkehrte Fächer dar, und zeigen die Parallelstructur im Grossen in vollkommenster Ausbildung. Diese Centralmassen geben demnach das Bild typhonischer Stöcke, denen sowol die angrenzenden kristallinischen Schiefer, als auch die weiter nach aussen folgenden neptunischen Gebilde so aufgelagert sind, dass sie von ihnen allenthalben wegfallen, wodurch sie als die den tektonischen Verhältnissen des Gebirges zum Grunde

liegende Bedingung erscheinen. Offenbar haben dieselben durch ihr gewaltsames Eindrängen in den ursprünglichen Schichtenbau des Gebirges auf die nebenliegenden Massen jenen Seitendruck ausgeübt, der nicht blos die Dislocation derselben nach Aussen hin und locale Zertrümmerungen, sondern auch die Erhebung ihrer Schichten sowie noch alle anderen Störungen hervorgerufen, die in den Umgebungen solcher Central-

Fig. 52.



massen gewöhnlich in grossartigem Maasse vorkommen. Der Holzschnitt zeigt das einfachste Bild einer Centralmasse, ohne die auf den Gneiss gewöhnlich folgenden kristallinischen Schiefer.

Es ist ein langer, und noch immer nicht entschiedener, Streit über diese räthselhaften Gebilde geführt worden, ein Streit, der, durch die Complication der Umstände an manchen Orten, immer neue Nahrung erhalten hat. So wurden von B. Studer einige Fälle zur Kenntniss gebracht, in welchen der centrale Gneiss, da, wo seine Masse sich auskeilt, von den ihn einklemmenden jüngeren Schiefern, Kalken und Dolomiten unterteuft wird. Gewiss kann dieses Lagerungsverhältniss nur die Folge

Fig. 53.



eines von zwei entgegengesetzten Richtungen her wirkenden Seitendruckes sein, worauf auch Studer ausdrücklich hinweist. Nun, von einem Theile der Geologen werden diese kristallinischen Centralmassen für Sedimentschichten erklärt, die durch spätere metamorphische Processe auf den höchsten Grad der Veränderung gebracht und in Centralgneiss verwandelt wurden, wobei die mitunterlaufene Volumenvergrösserung jenen Seitendruck und jene translatorische Bewegung hervorgebracht, durch welche die Schichten aufgestellt und alle anderen Schichtenstörungen bewirkt wurden. Studer

enthebt sich des Ausspruches einer bestimmten Ansicht über die Entstehung dieser Centralgneisse, dagegen sagt Naumann bei Besprechung derselben: „Vielmehr gewinnt es den Anschein, als ob die ganze Kette der alpinischen Sedimentgesteine durch das Dazwischentreten dieses Centralgneisses wie durch einen Keil auseinander getrieben wurde, und dass dadurch auch jene Unterschiebungen der von diesem Gneisse ganz verschiedenen Gneissbildung entstanden sind, von welchem zu Ende des vorhergehenden Paragraphen die Rede war. Wenn aber diese Ansicht richtig ist, so könnte der Central-Gneiss der Alpen wol nur für eine eruptive Bildung erklärt werden" *). In meiner Monographie der Hohen Tauern habe ich in Cap. XLIV den Versuch gewagt, die hier in Rede stehenden Gebilde als Theile der ursprünglichen Erstarrungskruste des Erdkörpers darzustellen.

4. Verwerfungsketten. Mit diesem Namen bezeichne ich jene Gebirgskämme, deren Entstehung auf die translatorische Wirkung eines Seitendruckes, sei es in Folge der Bildung einer kristallinischen Centralmasse, oder in Folge der Erdabkühlung nach geschehener Zerspaltung des Bodens, zurückgeführt werden kann. Das zwischen zwei Spalten liegende Erdprisma wurde hierbei senkrecht auf die Richtung des Druckes verdreht, wodurch eine der Kanten des Prismas gehoben, die andere zum Einsinken genöthigt wurde, und Verwerfungen wie auch Ueberschiebungen in grossartigstem

Fig. 54.



Maassstabe eintreten mussten. Bei Ketten dieser Art wird daher immer ein inniger Zusammenhang der Gebirgsstructur mit dem Streichen der Ketten hervortreten. — Nach dieser Art dürfte wol die Entstehung der meisten, den Central-Alpen vorliegenden, parallelen Kalkketten vor sich gegangen sein.

Aber der Vorgang war nicht immer so einfach, als er in dem obigen Diagramm dargestellt ist. Zuweilen wirkte der Seitendruck, wie in dem Beispiele beim Centralgneisse, von

*) „Lehrbuch der Geognosie", I, 941.

zwei Seiten gegen einander, und legte die rechts und links von der Spalte gehobenen Erdschollen zu einem umgekehrten Fächer zusammen, wie etwa bei einem aufgeschlagenen Buche, wenn man es von beiden Seiten her schliesst und es in aufrechter Stellung erhält. Dass es dabei an Zertrümmerungen einzelner Krustentheile, an secundären Biegungen, Faltungen und Knickungen der Schichten, sowie an partiellen Einstürzen und gegenseitigem Einkeilen der zusammengepressten Massen nicht fehlte, ist erklärlich. In anderen Fällen wurden durch den Druck beide Ränder des Prismas, besonders wenn es eine gewisse Breite hatte, aufwärts gestaut und zwischen ihnen, mit oder ohne neuen Bruch, ein negatives Hochthal gebildet. Auch geschah es nicht selten, dass eine der Spaltenwände zugleich gehoben und gefaltet wurde, wodurch jene vielfältigen oft in die Höhe laufenden Schichtenwindungen entstanden, die mit Recht unsere volle Bewunderung verdienen.

Es ist ferner klar, dass in jenen Fällen, wo keine kristallinische Centralmasse vorkommt, der Seitendruck einer anderen Ursache zugeschrieben werden muss, und hier scheint es mir, dass der aus der Erkaltung der Erdkruste stammende Seitendruck ohne Bedenken als das Princip der Gebirgs-Erhebung angenommen werden kann. Die so entstandenen Ketten stellen sich meist als einseitige Neigungsketten dar, mit

Fig. 55.



steilen Abfällen auf der gehobenen und sanfteren auf der eingesunkenen Seite, mit gelegentlichen Ueberschiebungen auf die angrenzende Erdscholle oder unter Abbiegung des verworfenen Randes der letzteren. Hierher scheinen mir die Ketten des deutschen Jura, insbesondere die Rauhe Alb, mehrere Ketten des Schweizer Jura, worunter namentlich die Berge bei Barschwyl unfern Solothurn*), die Vogesen, grosse Theile des Apennin u. a. m. zu gehören. Das Profil Fig. 55 stellt die Vogesen bei Pfalzburg dar.

*) Siehe C. Vogt: „Lehrbuch der Geologie", pag. 426 und 427.

Aber auch ausgedehnte metamorphische Processe, wie z. B. die Dolomitisirung grosser Kalkgebiete, können in Folge des durch die Volumvergrösserung bewirkten Seitendrucks ähnliche Erscheinungen hervorgerufen haben.

5. Gewölbketten sind jene Gebirgsformen, die durch Umbiegung oder Faltung eines Theiles der Erdrinde, ebenfalls in Folge eines mit Macht und in weitem Umfange eingreifenden Seitendrucks entstanden. Die Structur dieser Ketten zeigt im Querschnitte die Form eines Gewölbes, d. h. die Schichten laufen mit der Oberfläche des Kammes parallel, sind also mit Beziehung auf den Rücken des Kammes antiklinal, und das Streichen des letzteren fällt mit dem Streichen der Schichten genau zusammen. Das gewaltigste Beispiel von Gewölbketten liefert der Schweizer Jura, der aus einer Zahl parallel neben einander liegender, in der Hauptsache von Nordost in Südwest streichender Ketten dieser Art besteht, und einen Raum von 40 Meilen Länge auf 10 Meilen Breite bedeckt. Die Juraketten sind häufig von engen Querthälern (hier Combes genannt) durchbrochen und die Kämme an vielen Orten der Länge nach aufgesprengt, was oft ausgedehnte Entblössungen tief gelegener Schichtensysteme zur Folge hatte. Die Faltung hat, so weit sie aus den Entblössungen erkennbar, alle Formationsglieder der Trias und des Jura betroffen, so dass in den, nach dem Querschnitt auf einander folgenden, Thälern, die Aufspaltung der Gewölbe erst bis zum Oxfordmergel, dann bis zum Lias und endlich bis zum Muschelkalk hinabgreift. Es wird so ziemlich allgemein angenommen, das ein von den Alpen ausgegangener Seitendruck die Bildung der Juraketten zur Folge hatte, für welche Ansicht man darin eine Bekräftigung findet, dass die den Alpen zugekehrten Kämme jenes Gebirges an Höhe die bedeutendsten sind. Wer sich jedoch die Verwirrung in den Gewölbketten des Jura bei Basel etwas näher betrachtet und den Umstand in Erwägung zieht, dass in dem fünf Meilen breiten Zwischenraume, der die Alpen vom Jura trennt, keine Spur jener Gewölbketten angetroffen wird, der mag doch vielleicht auf die Frage verfallen, ob nicht ein aus einer anderen Quelle stammender Seitendruck die Auffaltung des Bodens in die heutigen Juraketten bewirkt haben mochte.

Für die Apalachen und die Alleghanies in Nord-Amerika

wird der Rückzug der erkaltenden Erdkruste rundweg als die Ursache der ähnlich gestalteten Kettenbildung jener Gebirge angegeben. Ja es ist hier die Krümmung der Schichten stellenweise noch viel stärker als beim Jura, so dass bei manchen Kämmen sogar eine isokline Repetition der Schichten zum Vorschein kam Ein anderes, kaum minder grossartiges Beispiel von Gebirgsfaltungen zeigen die aus den Gebilden der Uebergangsformation bestehenden Gebirge der Bretagne, welche aus 8—9 parallelen Gewölbketten bestehen.

Gewölbe, Krümmungen und Faltungen der Schichten gehören übrigens fast in allen sedimentären Gebirgen zu den sehr gewöhnlichen Erscheinungen, und kommen demnach auch mit den Verwerfungsketten vereint in allen Graden der Entwicklung vor, was wol als Beweis gelten kann, wie allgemein dynamische Vorgänge dieser Art bei der Bildung der Reliefverhältnisse der Erde zu allen Zeiten mitgewirkt haben. Die Beantwortung der Frage endlich, wie es möglich war, dass mächtige Schichtensysteme aus Kalk, Sandstein und Schiefer, unter der Action eines Seitendruckes sich krümmen und in Falten legen konnten, ohne bei der gegenwärtigen Starrheit dieser Gesteine in kleine Stücke zu zersplittern, diese Antwort gehört der Geologie an, welche zu diesem Ende auch nur mit Hypothesen dienen kann. Einige über diesen Punkt von Dana ausgesprochene Sätze sind oben Seite 200 angeführt worden.

10. **Entstehung der Kettenzonen, Massengebirge, Kettengebirge, Tafelländer und Continente.** Die für die Bildung der Gebirgsketten in Anspruch genommenen Principien werden auch für die Entstehung ausgedehnter Gebirgsysteme anzunehmen sein. Doch wird es hier nothwendig erscheinen, nicht nur die Wirkungssphären dieser Ursachen auf grössere Räume auszudehnen, sondern auch eine Combination von Wirkungen desselben Princips an mehreren Orten oder auch mehrerer dieser Principien innerhalb eines und desselben Gebirgssystems anzuerkennen. Die Complication der hier zu beurtheilenden Erscheinungen geht sogar noch weiter, indem sich gleichartige Wirkungen oft an einem und demselben Orte nach grossen Zeit-Intervallen wiederholt haben, oder indem verschiedene Wirkungen an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten aufgetreten sind. So besteht z. B. das Gebirgssystem der Alpen aus zwei Theilen, von denen der westliche von Süd in Nord, der östliche von Westsüdwest in Ostnordost streicht, wobei die inneren Regionen beider

Theile eine Zahl kristallinischer Centralmassen mit transversaler Gliederung, die äusseren Regionen aber eine Folge paralleler Verwerfungsketten, theils mit concordanter, theils mit discordanter Lagerung aufweisen. Aber auch die Centralmassen sind ungleich alt, und zum Ueberflusse sind später noch mehrere andere eruptive Durchbrüche (Porphyr, Melaphyr und Trachyt) hinzugetreten. Ebenso bildet der Apennin in seinem nördlichen Abschnitte eine sedimentäre Verwerfungskette, in den Abruzzen ein System paralleler Spaltungsketten und in Calabrien eine centrale Gneissmasse u. s. f.

Diese Wahrnehmung scheint auf den ersten Blick die oben gegebene Definition eines Gebirgssystems wieder aufzulösen. Wenn nur die verschiedene Bildungsweise der Gebirgselemente die plastische Zusammengehörigkeit derselben nicht beeinträchtigt, so hat diese letztere einen tieferen Grund, der, wie Studer bemerkt, die Vereinigung aller Theile zu einem Ganzen, nicht mehr als eine zufällige erscheinen lässt.

11. Die Bildung der Kettenzonen wird somit auf dieselbe Weise wie die oben geschilderte Entstehung einer Verwerfungs- oder einer Gewölbkette vor sich gegangen sein, nur hat hier der Seitendruck in einem Maasse und einer Ausdehnung gewirkt, wodurch eine ganze Folge von Parallelketten zur Ausbildung kam, So sind der Jura, die Weserketten, die Berge der Bretagne, die Apalachen, Alleghanies u. s. f., Zonen von Gewölbketten — die nördlichen und südlichen Kalkalpen hingegen Zonen von Verwerfungsketten. Wie jedoch oben bereits angedeutet, ist es, bei Gebirgen von solcher Ausdehnung, nicht zu erwarten, dass irgend eines derselben den betreffenden Typus in reiner Form zur Darstellung bringe. So gibt es im Jura häufig auch Verwerfungsketten neben plateau-artig ausgebreiteten, horizontal geschichteten und ungefalteten Massen. In vielen Fällen sind die oberen Theile der Gewölbe weggesprengt, die Trümmer durch Erosion entfernt und dadurch ebene Hochflächen mit repetirenden Schichtenfolgen zum Vorschein gekommen. Ebenso erscheinen in den Verwerfungsketten der Nord- und Süd-Alpen, allerlei Schichtenfaltungen und Gewölbketten mit breiten Mulden, die durch jüngere Formationen oft zu ebenen Plateaux ausgefüllt wurden, in zahlloser Menge und buntester Abwechslung. So ist z. B. der Wiener Wald nichts anderes als ein Gewölbsystem, das an mehreren Stellen der Länge nach und über quer aufgesprengt ist und, am Grunde der Spalten und Mulden, die nicht minder gekrümmten Schichten des Werfner Schiefers zeigt.

12. Die Entstehung der Massengebirge ist ebenfalls oben, wo von der Bildung einzelner Berge durch plutonische oder vulkanische Eruptionen die Rede war, theilweise bereits erklärt worden, nur waren hier alle Verhältnisse um so vieles grösser, als die räumliche Ausdehnung der Massengebirge jene der einzelnen Berge übertrifft. Aber auch in den Massengebirgen selbst sind ausgedehnte Gradationen des Umfangs und der Höhe wahrzunehmen, was dann wieder den Schluss auf verschiedene Bildungsweisen zulässt. Noch andere Prämissen zu einem solchen Schlusse werden sich uns aus den geotektonischen Verhältnissen ergeben. Hierdurch werden wir dahin gelangen, nachstehende drei Hauptformen von Massengebirgen zu unterscheiden:

a) Vulkanische Eruptionen haben meist nur kleinere Massengebirge zu bilden vermocht, die blos dort eine grössere Ausdehnung gewinnen, wo viele, nahe beieinanderliegende vulkanische Eruptionskegel, ihre basaltischen und trachytischen Lavamassen in eine allgemeine Decke zusammenschütten konnten, wie dies auf dem Plateau der Auvergne, im Vélaygebirge und besonders in Island der Fall war. Derlei Massengebirge documentiren ihre Bildungsweise durch die noch bestehenden, wenngleich oft erloschenen Eruptionskegel, welche bekanntlich in der Auverge den Namen Puys führen, so wie durch die von den Kratern derselben ausgehenden Lavaströme. Die Schichten der von den Eruptionen durchbrochenen Sedimente sind in den meisten Fällen ungestört geblieben, was sich dort erkennen lässt, wo ein tiefes Thal in das Gebirge einschneidet.

b) Plutonische Massen haben sich bei ihrem Durchbruche an den Tag auf sehr verschiedene Weisen angeordnet. In einigen Fällen, und vielleicht sind das die der Zeit nach ältesten, haben sie die überliegenden Theile der Erdkruste wahrscheinlich an vielen Orten zugleich siebartig durchbrochen und sich über denselben zu einer ausgedehnten, mehr oder minder mächtigen, geschlossenen, plateauartigen Decke verbunden. Hierher gehören die Hochflächen in Oberösterreich nördlich der Donau, bis nach Böhmen und Mähren sich ausbreitend; das System der galicischen Parameras in Spanien, das südrussische Steppenplateau, alle diese aus Granit zusammengesetzt; das aus Syenit gebaute Hochland von Dekhan, vor allem aber die ungeheuern, im Mittel 15000—16000 Fuss hohen, 25

Tagreisen breiten, oben nur schwach undulirten Hochflächen zwischen Indien und Ostturkestan, die ebenfalls aus Syenit bestehen. Zu dieser Classe eruptiver Gebilde müssen noch gezählt werden die bis zur absoluten Höhe von 10000 Fuss aufsteigenden, viele Meilen langen und breiten Basaltplateaux von Wadela, Dalanta und Ambala Sieda bei Magdala im südwestlichen Theile Habessiniens, wenn der Basalt auch nicht eigentlich zu den plutonischen Massen gehört. In den meisten Fällen haben spätere Hebungen und Erschütterungen, unterstützt von der Erosion, tiefe Furchen, die den Gewässern jetzt als Rinnsale dienen, in diese Decken gerissen oder es haben, spätere Eruptionen neuere Kuppen und Kämme den Tafelmassen aufgesetzt.

In anderen Gegenden wurden diese eruptiven Gebilde von den Bewegungen des Bodens so heftig ergriffen und zerbrochen, dass sie jetzt in den wildesten Gestalten in das Luftmeer aufragen, und einen Anblick der Zerstörung und Zerrissenheit darbieten, wie er selbst in den gequältesten Sedimentformationen nicht angetroffen wird. Von dieser Art ist z. B. das Granitgebirge der Sinaitischen Halbinsel. Im Uebrigen zeichnen sich alle feldspathreichen Durchbruchgesteine durch grossartige oberflächige Auflockerung, und in Folge dessen durch das Auftreten riesiger Trümmermassen, der sogenannten Felsenmeere oder Teufelsmühlen, aus, die aus regellos gehäuften, oft ganz ungangbaren, kubischen oder parallelpipedischen Felsblöcken und anders geformtem Trümmerwerk von jeder Grösse bestehen.

c) Die dritte Form von Massengebirgen ist jene, wo die plutonische Eruption zwar die Oberfläche der überliegenden Schichten erreicht hat, jedoch nicht mächtig genug war, um sich über diese deckenartig zu ergiessen, sondern als ein typhonischer Stock zwischen ihnen stecken blieb. In diesem Falle hat er die durchbrochenen Schichten theils gehoben und aufgerichtet, sie auf die mannigfaltigste Weise und oft auf grosse Strecken hinaus metamorphosirt, theils gewaltsam auf die Seite geschoben, bis auf mehrere Meilen hinaus zerbrochen, und in Verwerfungs- oder Faltungsketten zusammen- und über einander geschoben. Alles, was früher über die Bildung kristallinischer Centralmassen, der Verwerfungs- und Gewölb-Ketten gesagt worden, ist hier zu einem Gesammtbilde zu ver-

binden. In allen Fällen scheint ein Aufsteigen des ganzen, im Umkreise des Systems liegenden Terrains an der Erhebung und normalen Zerspaltung des Bodens mitgewirkt zu haben. Auch zeigt die discordante Auflagerung jüngerer Schichten an den Rändern des Gebirges, dass die Hebung selbst in mehreren Reprisen statt fand, und das zuweilen sogar eine retrograde Bewegung, d. h. ein gelegentliches, wenn auch im Maasse nicht bedeutendes, Einsinken des Systems mitunterlief. Zu den Gebirgen dieser Art gehören die Pyrenäen, die Vogesen, der Schwarzwald, der Harz, das Riesengebirge u. a. m.

In einzelnen Fällen ist die eruptive Masse, vielleicht wegen ihrer allzu grossen Ausdehnung, in untergreifender Lagerung, inmitten des Gebirgskörpers stecken geblieben, oder sie hat diesen, nur an wenigen Stellen bis zur Höhe aufsteigend durchdrungen. Die überliegenden neptunischen Schichten sind dann in horizontaler Lage emporgehoben und dabei in grosse prismatische Stücke zerbrochen worden, an deren Sockel und in den von den Thälern gebildeten Durchschnitten die eruptive Masse überall zu Tag tritt. Diese Gestalt hat das grosse Porphyr-Terrain bei Bozen in Süd-Tirol, wo das eruptive Gestein hie und da zu hohen Kämmen emporgestiegen (Raschötz, Lattemar u. a.), der Hauptsache nach aber mit seiner Oberfläche das Niveau von circa 4000 F. einhält, östlich der Etsch die prachtvollen Gestalten der Dolomit-Alpen trägt, aber auch in weitem Umfange, durch Zertümmmerung der sedimentären Decke und Fortschaffung der Trümmer durch die Erosion, entblösst ist. Ein ähnliches Verhältniss offenbart sich im östlichen Habessinien, wo die eruptive Masse aus Granit besteht und vom Sandstein bedeckt wird, der durch die Thäler theils in plateau-artige, theils in thurmähnliche, oft schwer ersteigliche Theile (welche letzteren hier Amba's heissen und häufig als feste Punkte benützt sind) von nahezu gleicher Höhe zerschnitten ist.

In noch anderen Fällen von Massen-Erhebungen endlich sind die plutonischen Magmen nirgends zum Durchbruch gekommen; die Lagerungsverhältnisse des gehobenen Landes aber erscheinen gestört und der Boden mehr oder minder regelmässig zerspalten. Die hierdurch entstandenen Ketten sind Spaltungsketten, deren Richtung mit der Structur des Gebirges in keinem Zusammenhange steht. Die Thäler sind

geradlinig, tief, und schneiden sich unter rechten Winkeln. Von dieser Art sind: das finnländische Plateau, die Ardennen, die rheinischen Sandstein- und Schiefergebirge, die Waldkarpathen u. v. a. m. Je nach der Tiefe, mit der der erste Spaltenwurf in den Boden eingriff, so wie „von der Erweiterung dieser Spalten durch die Erosion hängt es ab, ob das Land sich als eine von Schluchten durchzogene Hochfläche oder als eine Niederung mit aufgesetzten Bergmassen darstelle“ *).

Wenn wir sofort die Thätigkeit der geschilderten Störungs-Ursachen des natürlichen Schichtenbaues der Erdrinde auf ein ausgebreitetes und in die Länge gezogenes Hochland beziehen und uns dabei die Entstehung eruptiver Centralmassen, so wie das latent gebliebene Aufsteigen plutonischer Magmen innerhalb dieses Hochlandes vervielfältigt und zu verschiedenen Zeiten wiederholt denken, so gewinnen wir eine Vorstellung jener von Studer als Tafelmassen bezeichneten Gebirgs-Systeme, wie sie uns in den Alpen, in den skandinavischen Gebirgen, in den nordamerikanischen Hochländern, in den Plateaux von Anahuac, Peru u. Bolivia, im Bolortagh, im Himalaya u. s. w. vorliegen. Auf einigen dieser Tafelmassen haben sich zu den alten plutonischen Bildungen neuere und neueste vulkanische Ausbrüche gesellt, und dadurch nicht nur die Ursachen des gegenwärtigen Bodenreliefs, sondern auch den Reichthum plastischer Formen gesteigert.

So besteht z. B. das, von dem Vulkan Vilcanota bis zum Llullayacn, über 150 g. Meilen lange, im Parallel von Potosi 50 Meilen breite, sonst unregelmässig geformte Plateau von Bolivia aus einer im Mittel 12000 F. hohen Gebirgsmasse, die der Hauptsache nach aus den Gesteinen der Uebergangs- und im südlichen Theile auch aus denen der Kreide-Formation gebildet, und nur an ihren westlichen Gehängen von einem 10—12 Meilen breiten Bande geschichteten Porphyrs eingeschlossen ist. Hier erhebt sich aus dem Porphyr eine Reihe hoher vulkanischer Trachytkegel, die, wie der Gualatieri, Parinacota und Pomarape, zu den höchsten Bergen des Welttheils gehören, während im Osten, längs dem Titicaca-See, eine mächtige, durch eine langgestreckte centrale Gneissmasse

*) Studer: „Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geognosie“, II., 221.

gebildete Gebirgskette von Nord in Süd streicht und im Nevado de Sorata so wie im Ilimani nur um weniges unter der Höhe von 20000 F. zurückbleibt. Der südliche Theil des Hochlandes ist von hohen Gebirgen und von noch höheren plateau-artigen Bergformen, unter denen der Despoblado, bedeckt, der nördliche aber ist vorherrschend eben und von der breiten Diluvialebene des Desaguadero eingenommen, die eine solche Ausdehnung hat, dass in der Provinz Oruro verschiedene Gebirgsgruppen, in der eigentlichen Ebene keine Unterbrechung hervorrufen*) und dass der 180 g. Q. Meilen grosse, in der absoluten Höhe von 12042 P. F. liegende Titicaca-See darauf Platz gefunden. — Eine ähnliche Bewandtniss hat es mit den Anden selbst dort, wo sie eine einfache Kette zu bilden scheinen. So ist z. B. in dem Durchschnitte der chilenischen Cordilleren nach dem Parallel von Copiapó, der höchste Theil des Gebirges eine langgestreckte Tafelmasse, auf welcher, innerhalb einer 12 g. Meilen breiten Querlinie kein Punkt unter das Niveau von 12000, und 20 Meilen weit keiner unter das von 10000 P. F. herabsinkt. Das westliche Randgebirge besteht aus demselben Porphyr wie in Bolivia, und aus diesem steigt der 18000—20000 F. hohe Trachyt-Dom des Vulkans von Copiapó auf; hierauf folgen östlich Kreideschichten, welche stellenweise von jüngeren Schiefern bedeckt sind; einer jener Kreidekämme trägt den 18000 F. hohen Vulkan Cerro Bonete; noch weiter gegen Osten kommen dann wieder granitische Eruptivmassen vor.

Der Himalaya (ohne den Mustagh [Karákoram] und ohne den Küen-lün) bildet in der Hauptsache eine im Mittel 40 g. Meilen breite Syenitmasse, an deren Rändern keine älteren Gesteine als eocene Thonschiefer und Nummulitenkalke in die Höhe steigen. Nur inmitten des Systems, d. i. am Oberlaufe des Setledsch und am Lingti (Nebenfluss des Indus) kommen stark entwickelte Einschaltungen von Urthon- und Talkschiefer, von Jura- und Kreidegebilden vor. Aus dem Syenit aber erhebt sich eine Zahl granitischer Centralmassen, hie und da in runden, jedoch meist in langgezogenen und verzweigten Inseln, welche die ohnehin schon sehr hohen Kämme

*) „Geographie und Statistik der Republik Bolivia" von B. Reck, in „Peterm. Geogr. Mitth.", 1867, 39.

um ein Bedeutendes überragen und alle höchsten Gipfel der Erde: den Mount Everest, Kantschindschinga, Dhawalagiri, Nanga Parbat, Dschawahir, Tschumalari u. a. m. enthalten. Welche Höhe aber die allgemeine Tafelmasse des Gebirges besitzt, zeigt sich nördlich von Kaschmir am Deosai-Plateau, auf welchem 15 g. Meilen lang kein Punkt unter die Höhe von 12000 F. herabsinkt, und ergibt sich aus der Beschreibung des berühmten Botanikers James D. Hooker, der auf dem fast 19000 F. hohen Donkiah-Pass in Sikkim stehend, das nördlich der Hauptkette gelegene Becken des Arunflusses überblickte, und es als ein hügeliges Hochland von 15000 F. mittlerer Höhe beschreibt*).

Das Alpensystem stellt eine gekrümmte Tafelzone dar, deren Reliefverhältnisse plastisch und dynamisch von einer grossen Zahl kristallinischer Centralmassen bedingt sind, deren ich zwischen Genua und dem Wechsel einige 30 zähle. Sie bestehen theils aus Granit und Protogin, theils aus Gneiss, ungerechnet die Durchbrüche von Porphyr und Melaphyr in Südtirol, die durch Hebung und metamorphische Einflüsse als Mitfactoren der alpinischen Plastik auftreten. Es ist hierbei gewiss auffallend, dass die Axen dieser Centralmassen meistens nicht in der Streichrichtung des Gebirges selbst liegen, „ein Grund mehr, die Entstehung der Centralmassen von derjenigen der Tafelzone zu unterscheiden" **). Mit diesen Centralmassen und mit den späteren Hebungen des ganzen Systems, steht aber auch die Thalbildung und die Aufrichtung der nördlichen und südlichen Verwerfungsketten im innigsten Zusammenhange. Nirgends innerhalb der Central-Alpen und der

*) „This broad belt of lofty country north of the snowy Himalaya, is the Dingcham province of Tibet, and skirts the frontier of Sikkim, Bhotan and Nepal. It gives rise to all the Himalayan rivers and its mean elevation is probably 15000 feet: its general appearance, as seen from greater height is that of a much less mountainous country than the snowy and wet Himalayan regions; this is because its mean elevation is so enormous, that ranges of 20000 to 22000 feet appear low and insignificant upon it. The absence of forest and other obstructions to the view, the breadth of the valleys, and the undulating character of the lower ranges, that traverse its surface, give it a comparatively level appearance and suggest the term „plains" to the Tibetan, when comparing his country with the complicated ridges of the deep Sikkim valleys . . . „Himalayan Journals" von J. D. Hooker. II. 174.

**) Studer: „Lehrbuch etc.", II, 233.

von den Centralmassen abhängigen kristallinischen Schiefer, sehen wir die Richtung der Thalspalten im Widerspruche mit den von den Centralmassen selbst ausgegangenen Hebungs-Impulsen, und nur in den äusseren Kalkketten offenbart sich eine Summirung des von ihnen ausgeübten Seitendruckes zu einer Gesammtkraft, mit allerorts ziemlich homologen Wirkungen.

13. Die Entstehung langgezogener Kettengebirge kann durch die Aneinanderreihung jener Ursachen erklärt werden, denen eine kurze Gebirgskette ihr Dasein verdankt. So ist z. B. der nördliche und mittlere Ural durch die linear angeordnete Combination einer Zahl von Granit-, Grünstein- und Porphyr-Eruptionen entstanden. Ebenso scheinen die Westghats, der Hindukusch und die Elwendkette in Kurdistan durch eine zusammenhängende Reihe granitischer, und die Anden in Amerika durch eine Kette porphyrischer Durchbrüche emporgehoben zu sein*). Bei allen diesen Bildungen möchte ich an das dynamische Gesetz erinnern, dass jeder Durchbruch dieser Art, d. h. jede nach einer Seite stark verlängerte Eruption, der Richtung eines grössten Kreises folgte und geradlinig war, und dass demnach jede Veränderung im Streichen der gehobenen Kette einen neuen und abgesonderten Hebungsvorgang voraussetzt.

14. Wir kommen nun zur Entstehung ausgedehnter Tafelländer und zur Erweiterung des Begriffes der Bodenhebung bis an seine äussersten Grenzen — zur Entstehung der Continente. Weder dort und noch weniger hier werden die bisher genannten Hebungsprincipien, die ihre Wirkungen, wie mächtig sie auch waren, doch immer nur auf beschränkte Theile der Erdoberfläche geltend machten, zu einer befriedigenden Erklärung genügen. Jetzt ist es an der Zeit, die säkularen Hebungen und Senkungen des Bodens zu Hilfe zu rufen, was um so weniger Anstand hat, als wir mit Bestimmtheit wissen, dass fast alle Theile des festen Landes, zuweilen unter mehrfachem Wechsel, unter Wasser lagen und wieder aus demselben auftauchten, und als es eine nachgewiesene Sache ist, dass noch in der Gegenwart grosse Landstrecken schon seit Jahrhunderten continuirlich in Hebung oder Senkung begriffen sind.

*) Dieser Porphyr bildet einen Theil der Plateaux und des Gebirgsmassivs überhaupt, ist also von den Trachyt-Formen der Vulcane wol zu unterscheiden.

Derlei Niveau-Schwankungen grösserer Theile der Erdoberfläche können, wie wir wissen, entweder aus Temperatur-Veränderungen im Erdinnern, oder, bei geringerem Umfange, aus metamorphischen Processen entspringen. Aus den Bewegungen der Wärme innerhalb der Insolations-Schichte ist es bekannt, dass die Fortpflanzung der Wärme im Boden auf eine Tiefe von ungefähr 25 F. ein halbes Jahr benöthigt. Nehmen wir nun die Dicke der Erdkruste mit 400.000 F. an und denken wir uns die Ursache einer Temperatur-Aenderung an der Unterfläche der festen Kruste auftretend, so wird es eines Zeitraumes von 8000 Jahren bedürfen, bis jene höhere oder geringere Wärme an der Erdoberfläche anlangt und ihre ausdehnende oder zusammenziehende Einwirkung auf die Erdkruste einstellt. Dies wenige mag uns über die Dauer solcher Vorgänge belehren. Was aber den Umfang der aus den Tiefen der Erde herrührenden Wirkungen anbelangt, das kann uns das grosse Erdbeben von Lissabon 1755 zeigen, welches gleichzeitig eine Area von nicht weniger als 700.000 Quad.-Meilen mit seinen Erschütterungen heimsuchte.

Rückt ferner der Ursprungssitz einer Temperatur-Erhöhung näher an die Erdoberfläche, ist das Maass dieser Temperatur sehr gross und wird ihre Wirkung durch das Aufsteigen eruptiver Massen in die oberen Erdschichten oder bis an die Erdoberfläche an vielen Punkten noch mehr befördert, so wird das Aufsteigen grösserer Landstrecken um mehrere Tausend Fuss, blos durch Volum-Vergrösserung des erwärmten Bodens, zu den leicht begreiflichen Dingen gehören.

Ist endlich die in neuester Zeit aufgetauchte Schmick'sche Theorie von der periodischen grösseren Ansammlung des Meerwassers in jener Hemisphäre, die zur Zeit des Perihels der Sonne zugekehrt ist richtig, so ergibt sich schon daraus eine periodische relative Erhebung oder Senkung der Continente um einige Hundert Fuss.

2. Entstehung der hohlen Bodenformen.

15. Die hohlen Terrainformen erscheinen entweder als relativ enge Gebirgsthäler, oder als breite, flache Strombecken oder als continentale Binnenräume. Untergeordnet treten sie als vielfach gestaltete Vertiefungen (Karstlöcher, Karrenfelder u. s. w.) auf.

16. Die diesen Formen zum Grunde liegenden Ursachen sind

im Verlaufe der vorliegenden Arbeit bereits angedeutet worden; im Nachstehenden soll davon umständlicher die Rede sein.

Entstehung der Thäler. Die Eintheilung der Thäler nach ihrer Entstehungsweise ist im 1. Abschnitte summarisch bereits mitgetheilt worden; wir haben dort 1. Spaltenthäler, 2. Verwerfungsthäler, 3. Sattelthäler, 4. Einsturzthäler, 5. negative Thäler und 6. Erosionsthäler unterschieden

I. **Entstehung der Spaltenthäler.** Die Spaltenthäler sind aus jenen Rissen entstanden, von welchen der Boden bei seiner Erhebung, in Folge der Vergrösserung seiner Oberfläche, durchzogen werden musste. Wie Beaumont und Hopkins durch Rechnung nachgewiesen haben, waren die Spalten bei einer centralen Hebung radial, bei einer linearen oder Flächenhebung in zwei Systemen angeordnet, von welchen das eine mit der Axe der Hebung parallel lief, das andere auf dieser Richtung senkrecht stand. Da die Richtung dieser Linien der primitiven Aufspaltung des Bodens von der Lage der Hebungsaxe und nicht von der Schichtung des Gesteines abhängig war, so folgt, dass die Spalten mit den Structurflächen des Gebirges in keinem Zusammenhange stehen und sie demnach unter allen möglichen Winkeln durchschneiden.

Dieser Umstand allein ist hinreichend, um die Ansicht derjenigen zu widerlegen, die alle Thalbildung lediglich der Wasser-Erosion zuschreiben. Der Streit über diesen Punkt ist übrigens so alt als die Geologie selbst. Bezüglich der Einwirkung des fliessenden Wassers auf eine geschichtete Unterlage kann der Grundsatz festgehalten werden, dass die Erosion in allen Fällen der Richtung jener Schichte folgen wird, die ihr den geringsten Widerstand entgegenstellt. Die Thalbildung durch Erosion wird demnach von der Schichtung abhängig sein. Aber nicht diese Betrachtung allein wird uns die Ueberzeugung aufnöthigen, dass es für die Thalbildung noch eine andere Ursache gab als die Wasserspülung. Wenn wi nämlich die Richtungen der Längen- und Querthäler eines Gebirges genau so angeordnet finden, wie sie, den Gesetzen der Dynamik gemäss, bei einem Erhebungsmassiv auftreten müssen, so werden wir wol zu dem Schlusse berechtigt, dass jene Thäler nichts anderes seien als der durch Erosionen jeder Art veränderte primitive Spaltenwurf.

Betrachten wir uns ferner die oft ausserordentliche Tiefe der selbst durch die festesten Gesteine gebrochenen Thalspalten des Hochgebirges, so wie ihre nicht selten viele Meilen messenden

Längen, betrachten wir uns nicht minder das tiefe Eingreifen solcher Spalteu, sowol im Innern des Gebirges als auch bei ihrem Austritte aus demselben, in den Boden, Eingriffe, die jetzt mit Wasser gefüllt einer Zahl von Seen die Entstehung gaben, was durch Erosion niemals hätte entstehen können, weil die Erosion dort aufhört, wo die Bewegung des Wassers ein Ende findet — ziehen wir weiters den Umstand zu Rath, dass es lange und tiefe Spalten ohne Ausgang gibt, wie bei dem westlichen Arme des Comer-Sees, der bis in das Tiefland hinausreicht und durch Erosion in keinem Falle gebildet worden sein kann — überlegen wir uns endlich den Schutz, welchen die von den Gewässern herabgeführten und in den Thalgründen oft massenhaft aufgelagerten Geröllmassen, der Unterlage gegen ein weiteres ergiebiges Einnagen der Flussbetten gewähren, so können wir unmöglich der Wasser-Erosion, welche Bedeutung wir ihr auch sonst einräumen, das alleinige Zustandebringen der Hauptthäler des Gebirges zuschreiben.

Ich habe in meiner Monographie der Hohen Tauern, in dem Capitel über die Hebungen des Tauerngebietes pag. 340, das Detai' der Gebirgsgliederung, mit Rücksicht auf die darin vorkommenden, und durch die centralen Gneissstöcke sich kundgebenden Hebungen einer aufmerksamen Untersuchung unterzogen, und die Kämmung und Thalung (sit venia verbo) dieses ausgedehnten Alpenabschnittes durch ein vereinfachtes typisches Bild versinnlicht. Diese Untersuchung hat gezeigt: 1. dass die Aufspaltung des Gebirges genau den bekannten Gesetzen entspricht, 2. dass die Axen späterer Hebungen mit den geognostischen Axen der centralen Gneissmassen nicht immer zusammenfallen, wenn dies auch meistens der Fall ist, 3. dass die der Hauptaxe nächstgelegene longitudiuale Hauptspalte zuweilen in dieser selbst ihre Lage hat, wodurch das Gebirge zwei, Seite an Seite dicht beisammen liegende, einander gegenseitig übergreifende und durch ein tiefes Längenthal getrennte Hauptkämme aufweist, wie dies z. B. westlich der Dreiherrnspitze beobachtet werden kann, von welchem Gipfel angefangen, der übrige Theil des Tauernkammes bis Luttach und der nebenliegende Zillerthaler-Hauptkamm nur zwei Hälften eines der Länge nach gespaltenen Massivs sind. Dasselbe findet auch weiter östlich bei der centralen Gneissmasse des Hochalpenspitzes statt, die durch das Malteinthal in zwei fast gleich hohe Parallelkämme zerspalten worden ist; 4. dass zwar die Präexistenz der centralen Gneissstöcke in den meisten Fällen einen bestimmenden Einfluss auf die Richtung

späterer Hebungen ausübte, was sich aus der, jenen Gneiss-Centren im Ganzen adäquaten „Kämmung und Thalung" des Gebirges leicht erkennen lässt, dass aber die letzte grosse und allgemeine Erhebung des Alpengürtels am Schlusse der Miocen-Zeit über alle diese Einzelverhältnisse mächtig hinwegschritt; 5. endlich, dass die Erhebung der einzelnen kristallinischen Centralmassen in einigen Fällen gleichzeitig vor sich gegangen zu sein scheint, was sich aus der mittleren Richtung jener Kämme und Thäler, die unter der Einwirkung zweier Hebungen standen, deutlich zu erkennen gibt In solchen Fällen ist die Thalrichtung eine resultirende zweier Kräfte, deren Intensitäten durch den Umfang und die Höhe der beiden Hebungsmassen repräsentirt sind.

II. Entstehung der Verwerfungsthäler. Die Entstehung der Verwerfungsthäler ist dem Seitendrucke zuzuschreiben, der den Boden in mächtige longitudinale Schollen zerbrach, diese senkrecht auf ihre Längenausdehnung fortschob, eine ihrer Kanten mehr oder minder hoch aufrichtete, die andere Kante aber in die Tiefe drängte, die nebenliegende und eben so gedrehte Scholle bei fortgesetztem Seitendrucke über die andere schob, und so jene grossartigen Verwerfungen des Gebirgsbaues bewirkte, die den Verwerfungsthälern das Entstehen gab. Das Verwerfungsthal ist — siehe das Diagramm — der Hohlraum A zwischen den überschobenen Schollen B und C. — Was hierüber bei der Bildung der Verwerfungskämme gesagt wurde, hat auch für die Verwerfungsthäler Geltung. So ist dort erwähnt, dass jener Seitendruck bald aus plutonischen oder vulkanischen Vorgängen, bald aus dem Rückzug der erkaltenden Erdkruste oder auch aus metamorphischen Bodenanschwellungen entsprungen sein kann.

Fig. 55.



Die Verwerfungsthäler sind vornehmlich in den sedimentären Regionen der Gebirge zu suchen, wo sie als Längenthäler auftreten, die durch querliegende Spaltenthäler verbunden sind. Solche Spaltenthäler, deren Entstehung ebenfalls unter keiner Voraussetzung den Wirkungen der Erosion zugeschrieben werden kann, bilden dann, je nach der Tiefe, in welche sie hinabreichen, jene totalen, subtotalen oder geblendeten Gebirgsdurchbrüche, von denen im ersten Abschnitte umständlich die Rede war.

Typisch ausgebildete Verwerfungsthäler werden daher auf der einen Seite von den Schichtflächen, auf der anderen von den

Schichtenköpfen der Gebirgskämme, also hier meistens von steileren, dort meistens von sanfteren Gehängen eingeschlossen sein. Bei stark gestörten Lagerungsverhältnissen ist jedoch von vorneherein nicht anzunehmen, dass dieser Typus überall der herrschende sein werde. Hie und da sind grössere Massen in ihrer ursprünglichen Lage, d. h. unaufgerichtet oder ungehoben, stehen geblieben und auf allen Seiten schroff abgebrochen (Schnee-Alpe, Rax, Schlern), wodurch derlei Stöcke allen umliegenden Thälern schroffe Seiten zukehren; oder sie sind auf beiden Seiten aufgebogen und dann abgerissen, welches Verhältniss ebenfalls zu steilen Thalhängen auf dieser wie auf jener Seite geführt hat; endlich kommen zwischen den Verwerfungsketten auch einzelne oder mehrere Gewölbketten vor, wodurch jenes typische Verhältniss nicht minder gestört wird u. s. w.

III. **Entstehung der Sattelthäler.** Sattelthäler sind die zwischen zwei Gewölbketten liegenden Mulden, so wie auch die durch das Aufsprengen jener entlang ihrer Axen entstandenen Spalten. Bei jenen fallen die Schichten in den Thalgrund zusammen, sind also synklinal, bei diesen fallen sie vom Thale beiderseits weg — antiklinal. Im letzteren Falle hat die Erosion die Trümmer des zersprengten Gewölbes entfernt und dadurch die tieferen Schichten des Gebirges entblösst; die Thalwände sind steil auf beiden Seiten und umschliessen den Thalgrund oft kesselförmig.

Wo bei der Hebung die Gewölbketten transversal zerrissen wurden, da entstanden tiefe und enge Durchbrüche, wahrhafte Spaltenthäler (Combes), die den Gewässern als Ausflussöffnungen dienen. Eine solche Combe ist z. B. die Schlucht bei Mödling u. a. m.

IV. **Entstehung der Einsturzthäler.** Einsturzthäler werden jene runden oder ovalen, kesselförmigen Vertiefungen im Gebirge genannt, deren Entstehung, auf Grund ihrer plastischen und geotektonischen Verhältnisse, dem Einsturze der Gebirgsmassen zugeschrieben werden muss. Im ersten Abschnitte, wo von den formellen Merkmalen der Thäler die Rede war, wurden die Einsturzthäler bereits als Circus- oder Kesselthäler beschrieben.

B. Studer, der diese Thäler mit gewohnter Meisterschaft beschreibt, unterscheidet zunächst die Kesselthäler vulkanischen, dann jene nicht vulkanischen Ursprungs*).

Zu den Einsturzthälern vulkanischer Gegenden rechnet er die Calderen und die Ringwälle, wie auch die sogenannten Maare,

*) „Lehrbuch der physik. Geographie und Geologie", I, 387.

deren Form im Allgemeineu oben ebenfalls schon beschrieben wurde.

Als Typus der Calderen gilt bekanntlich die grosse Caldera auf Palma, welche übrigens von Carl Fritsch für ein Werk der Erosion gehalten wird *). Das Iunere des zwei volle Meileu im Durchmesser haltenden ungeheuern Kessels ist von zahllosen Bächen und Schluchten durchzogen, welche in das Grundgebirge der Canaren, Diabasen und Gabbragesteine neben trachytischen Massen, eingeschnitten sind, während die steilen, fast 4000 Fuss hohen, buntgefärbten Abstürze der Caldera aus basaltischeu und jüngeren vulkanischen Schichtencomplexen bestehen. — Die Analogie dieser Bildung mit anderen, welche erweislich durch Einstürze entstanden sind, gestattet jedoch eine andere und, wie es scheint, richtigere Deutung. Nur um weniges kleiner und ähnlich gestaltet sind die Kesseln von Tejeda und Terajana, beide auf Gran Canaria, beide circa 6000 Klafter ($1^1/_2$ Meile) lang, jener 3600 Klafter breit, dieser nur um weniges schmäler; die übrigen Calderen auf den canarischen Inseln (die vou Taoro am Pic de Teyde und bei Villa Hermosa auf Gomera), so wie jeue des Val del Bove am Aetna, dann die Cirques am Mont Dore und am Plomb de Cantal in Frankreich sind oben bereits genannt worden.

Ringwälle oder die von kreisförmig gestalteten Hochformen gebildeten Einhegungen erloschener oder uoch thätiger Vulkane, zeigen in ihren Dimensionen alle Uebergänge von meilengrossen Durchmessern bis zur Weite von wenigen Hundert Fuss, wie sie eben viele der heutigen Krater uoch besitzen. Hier muss nuu zwischen alten und neuen, grossen und kleinen Ringwällen unterschieden werden, und mau hat sie uach dem, was oben (Seite 104) über die Form der Vulkane gesagt wurde, theils als Erhebungs-, theils als Eruptionskegel bezeichnet.

Der Eruptionskegel ist, besonders wenn er von einem Erhebungskegel umgebeu ist, fast ausnahmslos ein Aufschüttungskegel d. h. ein Product der aus dem Krater hervorgestosseuen vulkanischen Stoffe. Der Erhebungskegel, von Leopold v. Buch so genannt, umgibt den Eruptionskegel und ist diejenige Form, für welche eigentlich der Name Ringwall aufgenommen wurde. Diese Ringwälle also sind in den meisten Fällen uichts Anderes als ältere und grössere Aufschüttungskegel, die durch spätere Eruptionen breiter

*) „Reisebilder aus den canarischen Inseln" in „Peterm. Geogr. Mitth.", Ergänzungsheft pro 1867.

ausgehöhlt und in vielen Fällen theilweise zerstört oder verschüttet wurden. Sie bestehen demnach nicht minder aus vulkanischen Stoffen, sind stratificirt und ihre Schichten liegen parallel zur Oberfläche des Kegels. Dennoch gibt es Fälle, wo diese Ringe in ihrer Structur nicht ganz mit den Eruptionskegeln übereinstimmen. An manchen Stellen zeigen sich an ihren inneren Wänden marine Sedimente in weit grösserer Höhe als überall in der Umgebung, und die höher liegenden Lavaschichten fallen nach aussen unter so hohen Winkeln ab, dass sich die Lava unmöglich in dieser Neigung erhalten haben konnte. Dies beweist, dass in solchen Fällen wirklich eine Hebung der alten Unterlage des Vulkans stattgefunden haben müsse. Jene Sedimente sind dabei so vielfach von trachytischen Gängen durchflochten, dass sich schon daraus auf eine ansehnliche Volum-Vergrösserung und demnach auf ein Aufsteigen des Bodens schliessen lässt, für welches die constante Einwirkung einer hohen Temperatur, ihre radiale Aufspaltung und mitunterlaufene metamorphische Processe, die in den nächsten Umgebungen des Eruptions-Canals sicherlich am bedeutendsten waren, noch weiter zu sprechen scheinen. Wenn sich demnach auch die anfängliche Ansicht L. v. Buchs, nach welcher diese Ringwälle durch die Erhebung des im Umkreise des Kraters liegenden Bodens entstanden seien, für die meisten Fälle als unrichtig herausstellte, so ist die absolute Negation jener Ansicht nicht minder unrichtig.

Welche Veränderungen diese Ringwälle im Laufe der Zeiten durch die nachgefolgten Eruptionen erlitten haben, ist nicht schwer zu ermessen. Ueber der eingesunkenen Lavafüllung der alten Kratere haben sich die neueren Eruptionskegel, u. z. oft zwei oder mehrere innerhalb eines und desselben Ringwalles, gebildet, wobei der letztere nicht selten theilweise durch Einsturz und durch seitliche Eruption zerstört oder unter den neueren Auswurfsstoffen begraben wurde. So war z. B. der Vesuv zu Strabo's Zeiten ein vollkommener Ringwall, ohne einen inneren Eruptionskegel; aber schon der erste erneuerte Ausbruch, durch welchen Herculanum und Pompeji (79 n. Ch.) verschüttet wurden, zerstörte einen Theil des Ringwalls, indem sich der neue Kegel nahe dem südwestlichen Rande desselben hoch über ihn erhob und sich mit ihm vereinigte *). Wie mächtig aber die durch die Eruption bewirkten Erschütterungen und in deren Folge die Formveränderungen der Vulkane sind, das lehren die vor-

*) Siehe Cotta's „Geologische Bilder“, pag. 28.

gekommenen gewaltigen Einstürze der Kraterwände; so sank zu Anfang des XV. Jahrhunderts der Capac Urcu in den Anden, der bis dahin höher als der Chimborazo gewesen sein soll, derart in sich selbst zusammen, dass er 5000—6000 F. an Höhe einbüsste; eben so stürzten 1815 die Wände des Tambora auf Sumbava 5000 F. tief vom Rande abwärts in den Krater hinab. Noch grösser war 1698 die Zerstörung des Carguairazo bei Quito und ähnliche Vorkommnisse, wiewol in weit geringerem Maasstabe, haben sich 1444 und 1702 beim Aetna und 1822 beim Vesuv, welcher durch die Eruption dieses Jahres mit einem Male 210 F. seiner Höhe verlor, zugetragen.

In wie weit die früher schon erwähnten und beschriebenen grossen Ringwälle der Sunda-Inseln (Seite 123) als ältere Aufschüttungskegel angesehen werden können, ist bereits angedeutet worden. Bei den Durchmessern dieser jedenfalls vulkanischen Bildungen, scheinen sie eher als Ringgebirge classificirt werden zu dürfen. — Andere Ringwälle sind die der Roccamonfina bei Teano unfern Neapel; er ist auf seiner südlichen Seite zerstört; ferner das Albaner Gebirge bei Rom mit einem Krater-See, Vulcano auf den liparischen Inseln, die Insel Santorin im griechischen Meere und Barren Island im Golf von Bengalen. Die letztgenannte Insel bildet einen kreisrunden Bergring, und der Krater, aus welchem sich der neuere Eruptionskegel erhebt, ist vom Meere ausgefüllt.

Ueber die Einsturzthäler nicht vulkanischen Ursprungs, sagt Studer: „Die leeren Räume, deren Entstehung in vulkanischen Gegenden sich durch den Erguss von Lava und das Austreten von Dämpfen erklären lässt, mögen anderwärts durch die Gebirgsbildung selbst erzeugt worden sein“ *). Die Art und Weise wie dies geschah, kann wol nicht überall dieselbe gewesen sein. So gleichen z. B. die Oules oder Cirques der Pyrenäen, insbesondere die berühmten Cirques de Gavarnie und von Troumouse, wirklichen Einstürzen in vollster Form. Hier hat es den Anschein, als habe sich der Granit wie eine Blase erhoben und sei dann in sich selbst zusammengestürzt. In den meisten Fällen aber wird für die Entstehung solcher Thäler ein weit allgemeiner giltiges Princip anzunehmen sein, und dies Princip scheint mir in dem Zuge der Schwere zu liegen, der die durch die Zerspaltung des Gebirges bei seiner Erhebung aufgestiegenen Felsprismen unmöglich lange in dieser Gestalt belassen konnte. Denken wir uns die durch die Abkühlung hervor-

*) „Lehrbuch etc.“, I, pag. 389.

gebrachte Zerklüftung des Gesteines, den Einfluss der in alter Zeit sicherlich häufiger und mächtiger vorgekommenen Erschütterungen und eine dem Einsturz günstige Lage der Schichten hinzu, so ergibt sich uns eine Serie von Umständen, der wir alle die vorgenannten Einstürze des Gebirges aus nicht vulkanischen Ursachen ohne Bedenken zuschreiben dürfen. Dass es der Erosion gelingen konnte, alle durch solche Einstürze in den Thalspalten aufgehäuften Gebirgs-Trümmer fortzuschaffen, wird keinen Einwand gegen diese Ansicht bilden, wenn wir sehen, dass es eben dieser Erosion möglich war, die Bruchstücke aufgesprengter Gewölbketten und die abgebrochenen und gewiss noch weit grösseren Trümmer von Verwerfungs-Ketten oft bis auf die letzte Spur zu zerstören. In der nebenstehenden Zeichnung sind die durch den Einsturz und die spätere Erosion von den ursprünglichen Prismen entfernten Theile durch Punkte angedeutet.

Fig. 56.



Auf diese Weise wird sich, wie mir scheint, die Entstehung sowol der oben erwähnten Circusthäler, als auch die der breiten Thalböden oder Thalbecken, wie nicht minder das Uebrigbleiben einzelner, aus der Kammlinie schroff aufspringender Felszähne, z. B. des Mont Cervin (Matterhorn) bei Zermatt ungezwungen erklären lassen *).

Studer führt für jede dieser Detailformen eine Zahl von Beispielen aus den mittleren und westlichen Alpen an. Als Circusthäler nennt er die Plaine aux Isles am Diablerets, den Adelboden am Fuss des Strubels, die Tschingel-Alp, die Thalanfänge bei Breuil, Macugnaga, Antrona piana und Dever, und hebt besonders den grossartigen Kessel der Berarde im Oisans-Gebirge hervor; als Becken der besprochenen Art bezeichnet er den Circus von Schams im Hinter-Rheinthal, den Thalboden von Engelberg in Unterwalden, den Grund von Hasli und noch mehrere andere im Jura; und als durch Einsturz erweiterte Thäler erwähnt er das Engadin, das Thal von Bergell, das Gastern- und Ammertenthal.

Dieses Verzeichniss kann aus den Ostalpen ansehnlich vergrössert werden; als Kessel- oder Circusthäler bezeichne ich: das herrliche, grösstentheils mit Eis verkleidete Amphitheater des

*) Studer: „Lehrbuch etc.", I, 391 und, „Ausland" Nr. 8, pag. 189 pro 1869.

oberen Pasterzengletschers, die Thalschlüsse des Hüttwinkel- und Seitenwinkelthales in Rauris, die von ausserordentlich schroffen Felswänden umschlossenen Kesselthäler des Oedenwinkel Gletschers im Stubach- und des Prettauer Gletschers im Krimmler Achenthale, den schönen Gletscher-Circus bei Waxegg im Zillerthale, das Rothgildenthal an der östlichen Seite des Hafnerspitzes im Lungau u. a. m.; als Thalbecken und breitere Thäler, die durch Einsturz der Spaltenwände entstanden: das Becken bei Ampezzo, das durch die Vereinigung mehrerer Thalspalten gebildete Becken von Sterzing und vielleicht auch jenes von Mayrhofen im Zillerthale, wo sich (der einzige Fall in den Alpen) nicht weniger als vier primitive Hauptspalten an einem Punkte vereinigen, das untere Gasteinerthal mit seinen Erweiterungen am Nassfeld, bei Böckstein und Hofgastein, die Becken von Oetz und Lengenfeld im Oetzthale u. v. a. m. Auch hier gibt es ausgebreitete Firnmulden und andere von senkrechten Felswänden eingeschlossene Hochkaare, brüchige, sturzdrohende Felsgrate und einzelne kühn aufsteigende, isolirte Felszähne, deren Entstehung dem Einsturze der angrenzenden Bergmassen zuzuschreiben ist, in Menge.

Durch die beschriebenen Einstürze lässt sich endlich auch die von Studer, auf Seite 390 I. seines Lehrbuchs der physikalischen Geographie und Geologie, geschilderte Thalform deuten, die darin besteht, dass das Thal im Querschnitt aus zwei ganz verschiedenen Thälern zu bestehen scheint, und zwar aus einem älteren und oberen, das zum Theil den Erosionscharakter trägt, und einem jüngeren, tiefer liegenden Einsturzthal; die Seitenwände des letzteren erheben sich vertical und durchschneiden alle Schichtenlagen des Gebirges bis an eine obere Kante, über welcher ein weniger steiler Abhang nach den obersten Rücken und Gräten ansteigt, und auf welchem stehend man das tiefere Einsturzthal ganz übersehen und sich nur durch einen flachen Thalgrund von dem jenseitigen Abhange getrennt glauben kann. Die nächst vorhergegangene Zeichnung zeigt diese Verhältnisse vollständig und offenbart gerade jenen Kammtypus, wie er dem Gneiss- und Urschiefergebirge eigen ist. Ich möchte nun die Entstehung der oberen Thalhälfte, welcher von Studer der Erosionscharakter beigemessen wird, erst recht durch den Einsturz erklären, da die oberen Theile der beiden Spaltenwände gewiss mehr als die unteren den Einwirkungen der Schwere, der Zerklüftung durch Abkühlung und Rückzug und den Erschütterungen durch Erdbeben ausgesetzt waren. Sind doch solche Ein-

stürze in grossem Maassstabe selbst noch in historischer Zeit vorgekommen, wie z. B. der Abbruch eines über eine halbe Meile langen Theiles der südlichen Wand des Dobratsch in Kärnthen, der durch das sogenannte Erdbeben von Basel (25. Januar 1348) veranlasst wurde, das Gailthal bei Arnoldstein verschüttete und einer Zahl von Dörfern, Weilern und Schlössern den Untergang brachte.

V. **Entstehung der negativen Thäler.** Von der Entstehung der negativen Thäler ist oben, wo von der geologischen Eintheilung der Thäler die Rede war, das Nöthige bereits zur Erwähnung gekommen; so viel mag jedoch noch bemerkt werden, dass ausser dem dort genannten oberrheinischen Becken zwischen Basel und Mainz, noch das Donauthal zwischen Regensburg und Wien, das gesammte Mainthal, das untere Rhonebecken u. v. a. m. in diese Classe von Thälern gehören.

VI. **Entstehung der Erosionsthäler.** Die sechste und letzte Gattung von Thälern sind die Erosionsthäler, worunter man bekanntlich diejenigen versteht, die ihre Entstehung den nagenden Kräften der Atmosphäre und des fliessenden Wassers verdanken. Um jedoch diese Bildungsart der Thäler richtig aufzufassen, wird es nothwendig sein, vorerst alle die Mittel und Wege zu kennen, durch welche die erodirenden Kräfte überhaupt dahin gelangen, Theile des Erdfesten aus ihrem Zusammenhange zu bringen und die Deplacirung dieser abgelösten Theile zu bewirken. Den Inbegriff aller dieser Vorgänge bringen wir durch das Wort Erosion zum Ausdruck, wobei wir bemerken, dass, nach gewöhnlicher Auffassung, unter Erosion nur der Effect der Wasserspülung verstanden wird.

3. Von der Erosion.

17. Die Erosion ist übrigens nicht blos für die Thalbildung im Speciellen wichtig. Im Gange dieser Abhandlung ist von ihr so vielmal die Rede gewesen, dass schon daraus zu entnehmen war, welche wichtige Rolle ihr in dem Haushalte der Natur zukommt, Denn sie ist es, welche nicht allein die festen Bildungen der Erdrinde fortwährend benagt und zersetzt und die plastische so gut wie die hydrographische Organisation der Erdoberfläche herstellen hilft, sondern die auch hauptsächlich das für neue Sedimentbildungen erforderliche Material liefert und der demnach fast alle neptunischen Formationen das Dasein verdanken. Ueberall in der Natur ist die

Zerstörung des Bestehenden zugleich die Bedingung für das Werden des Künftigen.

Die Hauptfactoren der Erosion im weiteren Verstande sind die Atmosphäre und das Wasser. Beide arbeiten auf verschiedene Weise an der Zerstörung der Gesteine und führen theils ihren Zerfall, theils direct eine Verminderung ihres Volumens herbei. Der Wind und die Transportkraft des fliessenden Wassers, und hie und da auch die Schwere, übernehmen sofort die Dislokation der aus der Verbindung gebrachten Theile des Erdfesten in tiefer liegende Gegenden, und der Frost so wie die Schwere werden als Auxiliarmächte an dem Werke der Zerstörung theilnehmen — der Frost, indem er durch das Absprengen von Gesteinsstücken die Angriffsflächen für die nagenden Kräfte der Atmosphäre vergrössert, und die Schwere, indem sie unmittelbar, d. h. durch den Einsturz, die Cohärenz der Massen an geeigneten Orten überwindet.

Auch Gletscher, Blitzschläge u. dgl. arbeiten, wiewol nur local und in beschränktem Maasse, der Erosion in die Hände.

Aber alle diese Aeusserungen der Erosionsthätigkeit, wie gering auch meistens ihre Wirkungen an einem gegebenen Orte und in einer gegebenen Zeit erscheinen mögen, sie werden bedeutend durch ihre Allgemeinheit über der ganzen Erdoberfläche und durch ihre unabänderliche Continuität, wodurch sie sich eben zu jenen Erfolgen summiren, von denen oben Erwähnung geschehen.

A. Atmosphärische Erosion.

18. **Verwitterung der Gesteine.** Unter der Verwitterung der Gesteine versteht man die allmälige Zersetzung derselben unter der Einwirkung der in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe. Sie geschieht dadurch, dass die Elemente des Gesteins, durch Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser, Verbindungen bilden, die theils in Pulverform entstehen, theils auflöslich sind, wodurch vorerst gewöhnlich eine Entfärbung des Gesteins, dann eine Auflockerung seiner Consistenz und endlich sein Zerfall herbeigeführt wird. Licht, Wärme, Temperaturwechsel und die „nimmer ruhende Contact-Elektricität" (Senft) sind die wesentlichsten Beförderungsmittel der Verwitterung.

Die wichtigsten chemischen Processe, die bei der Verwitterung vor sich gehen, sind folgende:

1. Der Feldspath, namentlich der Orthoklas, verwandelt sich durch Aufnahme von Sauerstoff und Kohlensäure in pulver-

förmiges Kaolin, in ein im Wasser auflösliches zweifach kieselsaures Kali und in rothes Eisenoxydhydrat. — Der Oligoklas verändert sich auf ähnliche Weise, indem er sich in Kaolin, dann in lösliche, doppeltkieselsaure Salze von Kali und Kalk-Erde umsetzt.

2. Beim Schwefelkies, der fast in allen Gesteinen vorkommt, treten der Sauerstoff und das Wasser der Luft zum Eisen und zum Schwefel und verändern jenes in Eisenoxydul, dieses in Schwefelsäure, die dann eine im Wasser lösliche Verbindung (schwefelsaures Eisenoxydul) liefern, während ein Theil der gebildeten Schwefelsäure frei wird.
3. Kohlensaure Kalkerde oder der gemeine Kalkspath, Marmor etc. verbindet sich, unter der Intervention des Wassers, mit der Kohlensäure der Luft zu doppeltkohlensaurer Kalkerde, die im Wasser löslich ist, sich jedoch, unter der Berührung mit der Luft, alsbald in Kohlensäure und unlösliche, pulverförmige, einfachkohlensaure Kalkerde zersetzt.
4. Dolomit wird durch die Kohlensäure der meteorischen Wässer langsam aufgelöst, hierbei der kohlensaure Kalk wie vorerwähnt verwandelt, das Magnesia-Carbonat aber als Bitterspathpulver abgesetzt.
5. Bei Mineralien, welche kieselsaures und kohlensaures Eisen-Oxydul enthalten, wie Hornhlende, Magnesiaglimmer, Augit, Serpentin, Spatheisenstein, wird das kohlensaure Eisenoxydul zuerst in doppeltkohlensaures Eisenoxydulhydrat und dann bei der Berührung mit der Luft in Eisenoxydhydrat umgewandelt; dieses ist ein lederbraunes oder ockergelbes Pulver.
6. Der Kaliglimmer zersetzt sich, abgesehen von seiner mechanischen Aufblätterung, nur dann, wenn er Eisenoxydul und Kalkerde enthält; jenes verändert sich zuerst in Eisenoxydhydrat, während die Kohlensäure die alkalischen Erden auslaugt. Der oben bereits erwähnte dunkle Magnesiaglimmer hingegen verwittert, seines reichen Eisengehaltes wegen, unter allen Umständen weit rascher und zerfällt in Thon, Kalkerde und Eisenoxydhydrat.
7. Der Gyps ist im Wasser löslich, und zwar: ein Theil Gyps in 200 Theilen Wasser.
8. Die Thonerde saugt begierig Wasser an sich, bläht sich dadurch auf, verliert die Consistenz und zerfällt.

9. Chlorit verwittert langsam und nur in Folge seines Gehaltes an Eisenoxydul.
10. Serpentin im normalen Zustande ist der Verwitterung unzugänglich; enthält er Schwefelkies, was jedoch oft der Fall, so zersetzt sich dieser, wobei die frei werdende Schwefelsäure mit der Magnesia des Serpentins zu löslichem Bittersalz zusammentritt.

19. Aus diesen wenigen Sätzen, welche die Veränderungen der die Gesteine hauptsächlich zusammensetzenden Mineralien unter dem Einflusse der atmosphärischen Stoffe in Kürze aufzählen, ist der Gang der Verwitterung für die wichtigeren Gesteins-Complexe der Erdrinde leicht abzuleiten, und wir werden diese Vorgänge hier übersichtlich andeuten.

Zunächst verändert das Gestein oberflächlich die Farbe, wenn sich die Farbe der neu entstandenen Verbindungen von der des unzersetzten Gesteins unterscheidet; dann treten feine Ritzen auf, durch welche der Verwitterungsprocess allmälig gegen das Innere des Gesteins vorschreitet. Die Producte dieser Processe sammeln sich als Verwitterungsrinde auf der Aussenseite an und werden von hier durch den Regen fortgewaschen. Nach und nach erweitern sich jene Ritzen zu einem Netze sichtbarer Spalten und Vertiefungen, und ist die Verwitterung tief genug eingedrungen und auch intensiv weit genug vorgeschritten, so zerfällt endlich das Gestein in eine erdige oder grusartige Masse.

Am raschesten werden die kalkerde- und kalkerdesilicathaltigen Gesteine von der Verwitterung zerstört; gemengte Felsarten verwittern leichter als einfache, weil die Elemente der ersteren bei Temperaturänderungen sich ungleich ausdehnen oder zusammenziehen, was an sich schon eine Quelle innerer Auflockerung ist; eben so verwittern körnige Gesteine leichter als dichte, ungeschichtete leichter als geschichtete, und diese dann leichter, wenn die Schichten aufgestellt, als wenn sie söhlig sind.

1. Granit und Gneiss verwittern durch die Zersetzung des Feldspaths. Je reicher beide Felsarten an Feldspath sind, desto rascher werden sie zersetzt. Auch ein grösserer Eisengehalt des Glimmers wirkt förderlich auf die Verwitterung. Beim Gneiss tritt, wenn seine Schichten aufgerichtet sind, die Aufspaltung seiner Structurblätter durch den Frost als ein die Zerstörung des Gesteins beschleunigendes Moment hinzu, welches übrigens auch beim Granit wirksam ist, wenn sich

derselbe mehr oder minder stark zerklüftet zeigt. Auf diese Art entstehen die sogenanuten Teufelsmühlen.

2. Der Syenit verwittert dann etwas leichter, wenn seine Hornblende Eisenoxydul und Thonerde enthält.
3. Der Glimmerschiefer und Urthonschiefer zersetzt sich mit Hilfe des in seinem Glimmer enthaltenen Eisenoxyduls und wird, wie der Gneiss, bei aufrechter Schichtenstellung durch den Frost hart mitgenommen; nur sind die Sprengstücke wegen der vollkommeneren Schieferung meistens kleiner.
4. Beim Porphyr verwittern zuerst die eingewachsenen Feldspathkristalle; fehlen diese, so ergreift die Zersetzung die Grundmasse in den Umgebungen der Quarzkörner, wodurch diese herausfallen.
5. Der Melaphyr verwittert durch die Zersetzung der in dem Oligoklas und in der Hornblende der Grundmasse enthaltenen Kalkerde und des in der Hornblende und im Magnet-Eisen vorkommenden Eisenoxyduls.
6. Der Basalt verwittert ebenfalls in Folge seines reichen Eisengehaltes.
7. Die Verwitterung des Trachytes geschieht durch die Zersetzung des darin enthaltenen Sanidins (eine Feldspath-Art), und insbesondere des Magnet-Eisens, und geht um so rascher vor sich, je poröser und rauher das Gestein ist.
8. Der Kalkstein wird in reichlichstem Maasse, auf die oben erklärte Weise, durch die Kohlensäure der meteorischen Wässer zerstört. Dies gibt den Schlüssel zur Erklärung der Kalksinter- und Travertin-Ablagerungen, der tiefen spaltartigen Thaleinschnitte, der Höhlen- und Katabothren-Bildungen im Kalkgebirge.
9. Die Zersetzung des Dolomites ist oben bereits erklärt worden, doch ist sie bei reinem und compactem Dolomit nur langsam; rascher geht sie bei sehr porösem, bei kalkerdereichen und eisenkieshaltigen Varietäten vor sich.
10. Der Gyps, obwol nie als selbstständiges Formationsglied, dafür aber desto häufiger untergeordnet auftretend, ist einfach im Wasser löslich. Hierdurch entstehen die sogenannten Gypsorgeln, und, wenn die Auflösung grösserer Gypsmassen im Innern des Gebirges erfolgt und die überliegenden Kalkschichten in den dadurch enstandenen Hohlraum hinabsinken, die sogenannten Kalkschlote.

11. Die Verwitterung des Mergels und Schieferthones geschieht mechanisch, wie bei der Thonerde angegeben.
12. Die Verwitterung des Quarzites geht höchst langsam vor sich nnd erfolgt nur dann etwas schneller, wenn das Gestein ein körniges Gefüge hat, so dass in die Fugen das Wasser eindringen und frieren kann, oder wenn der Quarz mit etwas Thon, Eisenoxydul, Glimmer u. dgl. gemengt ist.
13. Die Verwitterung des Quarzsandsteines, der Breccien und Conglomerate erfolgt leichter oder schwerer je nach der Beschaffenheit des Bindemittels; ist dieses mergelig, so wird sie am schnellsten, ist es kieselig, so wird sie am langsamsten vor sich gehen.

20. **Hydrochemische Erosion.** Unter diesem Ausdrucke werden jene auflösenden und zersetzenden Wirkungen verstanden, die das Wasser als solches, u. z. das meteorische so gut als das fliessende, bei beiden von dem directen Einflusse der Bewegung abgesehen, auf die Gesteine ausübt.

Die hydrochemische Action des Wassers ist in den vorhergehenden Sätzen überall, wo die Mitwirkung desselben zur Verwitterung gefordert wurde, bereits grösstentheils zur Erwähnung gekommen. Dennoch bleibt noch Manches zu bemerken übrig.

Die chemische Erosion des fliessenden Wassers, bei welcher nicht zugleich die Anwesenheit des Sauerstoffes nothwendig ist, wird in vielen Fällen eine relativ sehr grosse sein können, weil die fortwährende Erneuerung des Wassers seine auflösende oder chemische Thätigkeit immer auf gleicher Höhe erhält. Dies wird insbesondere bei dem Einflusse der unter die Erdoberfläche sinkenden meteorischen Wässer auf Kalk- und Gypslager der Fall sein. Sie werden hier, nicht blos durch ihre verhältnissmässige Menge, sondern auch durch ihren reicheren Gehalt an Kohlensäure, die sie aus der Vegetationsdecke mitgenommen, sehr nachdrücklich zu wirken im Stande sein. Belege hiefür sind die erwähnten Kalkschlote, Gypsorgeln Höhlen und Katabothren, so wie die oft ungeheuern Anhäufungen von Kalksinter in den Tropfsteinhöhlen so wie von Tuff- und Travertinbildungen an jenen Stellen der Erd-Oberfläche, wo derlei Wässer an den Tag treten. Von noch weit grösserer Bedeutung sind in dieser Hinsicht die im Erdinnern circulirenden Wasseradern, welche, von einer hohen Temperatur und einer langen Dauer der Einwirkung unterstützt, jene Veränderungen zu Stande brachten, die in der Lehre von dem Metamorphis-

mus der Gesteine nachgewiesen und erklärt werden. Ebenso können auch ruhig stehende Wasserbedeckungen einen grossartigen metamorphischen Einfluss ausüben, wie er z. B. aus der Dolomitisirung mächtiger Kalkgebirge, wenn das Meer kohlensaure Magnesia enthielt*), zu entnehmen ist.

Wir werden demnach allen Wässern der genannten Art die früher beschriebenen Zerstörungen des Kalksteins, Dolomites, Mergels und Gypses, der Thonschiefer, Schieferthone, Sandsteine, Breccien und Conglomerate in demselben oder gesteigerten Maasse zuschreiben, wie der Verwitterung, und dabei selbstverständlich alle jene Einwirkungen ausschliessen, für welche der Sauerstoff der Atmosphäre nothwendig ist.

21. Wie gross die Wirkungen der chemischen und hydrochemischen Action der Atmosphäre seit dem Zeitpunkte sind, an welchem die verschiedenen Theile der Erdoberfläche denselben unterworfen wurden — wer könnte das beurtheilen! Ihr Maass lässt sich im Allgemeinen nur etwa dort bestimmen, wo festere Gang- oder Lagermassen dem Gebirge eingeschaltet sind und wo dieselben wegen ihres grösseren Widerstandes gegen die zerstörenden Einflüsse der Atmosphäre, jetzt stock- oder wandartig über die Oberfläche des Gebirges emporragen. Eine solche Einschaltung ist der sogenannte Pfahl, d. i. ein am westlichen Gehänge des Böhmerwaldes, von Cham bis zur Grossen Mühl, 15 Meilen weit sich erstreckender, den Granit und Gneiss durchsetzender Quarzgang, der stellenweise eine Höhe von 100 F. hat. Um diese Höhe musste demnach das Gebirge seit der Entstehung dieses Quarzganges von der Erosion abgetragen worden sein. Ein anderer 8 Meilen langer und ebenso continuirlicher Quarzgang liegt auf der böhmischen Seite desselben Gebirges, beginnt bei Tachau und endet bei Furth. Beide Gänge bilden prächtige, wildzackige, zerrissene Felsmauern, welche, so weit das Auge reicht, fortziehen und durch ihre weisse Farbe in der dunkel gefärbten Landschaft hervortreten. Aehnliche Erscheinungen kommen in anderen Gegenden Böhmens, in Schottland, Irland und auf den Hebriden, wo sie aus Melaphyr bestehen, dann in der Pfalz und in Frankreich auf dem Plateau von Morvan vor; hier bestehen sie ebenfalls aus Quarz und erreichen eine Höhe von 30—45 F. über dem Boden.

*) Naumann: „Lehrbuch der Geognosie", I, 771, und Zirkel: „Lehrbuch der Petrographie", I, 247.

Noch eindringlicher offenbaren sich die Wirkungen beider Erosions-Arten bei den im 1. Abschnitte beschriebenen Steinwäldern von Adersbach und Dittersbach in Böhmen, sowie an den Säulenbildungen und Felszähnen des Bielaer Grundes, von denen B. von Cotta in seinen geologischen Bildern einige sehr instructive Abbildnngeu geliefert hat.

Im grössten Maassstabe aber müssen nns diese Wirkungen in den ausgedehnten Denudationeu tieferer Schichten und in der Fortschaffung jener enormen Trümmermassen, wie sie durch die Aufsprengung des Bodens gelegenheitlich seiner Erhebung und durch den Einsturz der Gebirgsmassen entstanden sind, erscheinen. So findeu sich südlich von Innsbruck, oberhalb des Dorfes Navis, auf den aus Glimmerschiefer und Urthonschiefer zusammengesetzten Kämmen, die das Sillthal östlich einschliessen, in grosser Höhe vereinzelte Parthien von Kalksteinen der rhätischen Formation in normaler Auflagerung. Dieser Kalkstein bedeckte einst zusammenhängend jene Regionen des Gebirges, erscheint unfern davon in der Waldrastspitze mehrere Tausend Fuss mächtig, ist jedoch zur Zeit in dem fast 2 Meilen breiten Zwischenraume bis auf die letzte Spur verschwunden. Derlei inselförmige, trümmerartig auftretende Reste jüngerer Formationen auf älteren, in Gebirgen von stark gestörtem Schichtenbaue — Reste, deren Isolirung nur durch Entblössung erklärt werden kann — gehören übrigens nicht zu den seltenen Dingen.

B. Erosion des fliessenden Wassers.

22. **Hydrodynamische Erosion.** Die Wasser-Erosion auf mechanischem Wege oder die Wasserspülung besteht in der durch das Wasser mechanisch bewirkten Trennung fester Stoffe aus ihrem bisherigen Verbande und in dem Transport dieser Stoffe nach tiefer liegenden Gegenden.

Beide Verrichtungen der Wasserspülung sind in ihrem Maasse abhängig von der Stosskraft des fliessenden Wassers; diese aber ist eine Function der Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Wassers ist bedingt durch den Neigungswinkel der Wasseroberfläche gegen den Horizont und durch den Widerstand, den das Flussbett der Bewegung des Wassers entgegensetzt. Es wird daher, bei gleicher Wassermenge, derjenige Fluss rascher fliessen, dessen Neigung gegen den Horizont eine grössere ist, oder welcher in einem glatteren Rinnsale sich bewegt. Ein und derselbe Fluss

aber wird bei hohem Wasserstande eine grössere Geschwindigkeit annehmen, als bei tiefem, weil in dem ersteren Falle der Widerstand des Flussbettes gegen die Bewegung des Wassers ein relativ geringerer ist.

Die Stosskräfte bei verschiedenen Geschwindigkeiten verhalten sich wie die sechsten Potenzen dieser Geschwindigkeiten. Wenn also ein Fluss bei niederem Wasserstande eine Geschwindigkeit besitzt, die ihn fähig macht, einen runden Stein von 1 Kubik-Centimenter körperlichen Inhaltes von der Stelle zu bewegen, so wird derselbe Fluss bei hohem Wasserstande und doppelter Geschwindigkeit einen runden Stein von 64 Kubik-Centimenter Inhalt fortzuschaffen im Stande sein.

Man erkennt hieraus leicht, dass die Fallthätigkeit der Gewässer im Gebirge, wo die Neigungswinkel ihrer Betten in der Regel weit grösser sind als in der Ebene, auch eine ungleich grössere sein muss.

23. **Entstehung der Schuttkegel und Schlammströme.** Die nächstliegende Thätigkeit der Flüsse im Gebirge wird sich auf die Herabführung eines Theiles jenes Schuttes erstrecken, der von der Erosion über die Berghänge ausgebreitet wird. Diese Abfuhr muss bei starken Regengüssen grössere Dimensionen annehmen, und kann in besonderen Fällen zur Bildung von Schuttkegeln, gewaltigen Schlammströmen und ausgedehnten Vermuhrungen der unteren Thalflächen führen. So brach am 5. August 1798, in Folge eines heftigen Gewitterregens, ein mächtiger Schlammstrom aus dem Mühlbachthale in Pinzgau in das Salzathal hervor, zerstörte hier theilweise die Dörfer Mühlbach und Niedernsill und breitete einen Schuttkegel über den niederen Thalgrund aus, dessen körperlicher Inhalt mit 648 Millionen Kubikfuss berechnet wurde*). Noch grössere Verheerungen verursachte im Juni 1852 der Ausbruch des durch anhaltende heftige Regen übermässig geschwellten Grauner Sees im Nauderser Querthale, wodurch ebenfalls die Dörfer Burgeis, Schleiss nnd Laatsch zum Theil zerstört und die Thalfläche bei Glurns, der Glurnser Boden genannt, bis Laatsch hinab unter einer stellenweise 10—12 F. hohen Schuttdecke begraben wurde**). Die Alpenthäler sind übrigens voll von grausigen Erinnerungen der-

*) „Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern" von C. v. Sonklar, pag. 51.

**) „Die Alluvialgebilde des Etschthales" von Fr. Simony, in den Sitzungsberichten der k. k. Akad. d. W., Maiheft pro 1857.

artiger Ereignisse, was durch die Zahl und die nicht selten ausserordentliche Grösse der in allen bedeutenderen Thälern vorkommenden Schuttkegel nur zu begreiflich ist.

24. **Entstehung der Karrenfelder und Erdpyramiden.** Friedlicher als die so eben beschriebenen Erscheinungen ist die Bildung der sogenannten Schratten oder Karrenfelder auf schwach geneigten ebenen Hängen des Kalkgebirges durch die vereinigte Arbeit der chemischen und mechanischen Erosion des Wassers. Karrenfelder bilden sich dort am leichtesten, wo die Schichten in der Richtung des abfliessenden Wassers streichen, welches mit Hilfe der mitgeführten Kohlensäure, in die der Zerstörung zugänglicheren Kalkblätter erst schwache, dann immer mehr sich erweiternde Rillen einnagt, die sich endlich bis zu fuss- oder klafterbreiten, oft dicht neben einander hinlaufenden, durch dünne Scheidewände getrennten Canälen gestalten. Sie kommen in vielen Kalkgebirgen, in der Schweiz, bei Toulon, in Sicilien, Croatien und auch im Dachsteingebirge in Ober-Oesterreich vor, von welch letzterem Vorkommen Professor Fr. Simony im Jahrbuche des Oest. Alpenvereins pro 1871 eine hübsche Abbildung veröffentlicht hat. Auch die sogenannten Erdpyramiden gehören zu den mechanischen Wirkungen des fliessenden Wassers.

25. **Entstehung der Erosionsthäler. (Fortsetzung.)** Am wichtigsten aber erscheint die Wasserspülung in ihrem, durch eine unermesslich lange Dauer vergrösserten, Einfluss auf die Bildung eben jener Thäler — der Erosionsthäler, — von welcher in diesen Absätzen eigentlich die Rede sein soll. Am einfachsten tritt diese Art von Wasserthätigkeit bei den Racheln oder Regenrissen auf, deren Entstehung durch J. G. Kohl, in seinem Reisewerke über Süd-Russland, so anschaulich beschrieben wurde. Von den Russen werden derlei Regenrisse Ruitwina's oder Woipolotsch genannt. Sie bilden sich überall dort, wo irgend ein Gewässer über ein aus angeschwemmtem Erdreich gebildetes Plateau hinläuft und dann über den Rand desselben, der etwa vom Meeresufer gebildet wird, steil abstürzt. Hier wo die Fallthätigkeit des Wassers eine grosse ist, wird es sich nach und nach immer mehr in den Körper des Plateau's einnagen, dadurch die Stelle seines Absturzes fortwährend nach rückwärts verschieben*) und auf diese Art mit der Zeit eine tiefe und oft stundenlange Schlucht einreissen. Andere kleine, beständige oder

*) Das Zurückweichen der Absturzstelle wurde für das Jahr mit einem Schritt beobachtet.

temporäre Wasserläufe, die sich von der Seite her in diese Schlucht ergiessen, werden gleichartige Nebenschluchten erzeugen, und dasselbe werden, unter immerwährender Vergrösserung der älteren Risse, auch die Wasserläufe der dritten und vierten Ordnung thun, wodurch zuletzt ein System von Wasserrissen entsteht, das einem Baume sammt seinen Aesten gleicht. Nebenher aber wird die Erosion fort und fort die Ränder dieser Risse benagen, die Gefälle derselben vermindern und so endlich nach Jahrtausenden ein vollständiges Thalsystem, wie es in Flachländern eben angetroffen wird, zu Stande bringen.

Auf diesen Vorgang kann in der That alle Thalbildung im Hügellande und der grösste Theil derselben im Niedergebirge ohne Bedenken zurückgeführt werden. Auch erklärt sich durch Erosionen dieser Art, das langsame Zurückweichen der Wasserfälle, wie es z. B. beim Niagarafalle beobachtet wurde.

Umfangreicher müssen sich die Wirkungen der Wasserspülung dort gestalten, wo ein stärkeres Gefäll die Stosskraft des Wassers erhöht und wo es dann grössere und kleinere Geschiebe und Rollsteine mit sich führt, die auf das Rinnsal mit der nagenden Friction unzähliger Feilen wirken. Leicht kann man bei jedem grösseren Bach im Hochgebirge, wenn sein Wasserstand etwas grösser ist als der gewöhnliche, durch das Rauschen des Wassers hindurch, das dumpfe Getöse der transportirten und an den Felsvorsprüngen des Bettes anprallenden Steine vernehmen. Der Effekt dieser Kräfte muss ein verhältnissmässig rasches Eintiefen des Rinnsals in den Boden sein, das natürlich dort noch rascher vor sich geht, wo die petrographische Natur des Gesteins den zerstörenden Einfluss des Wassers begünstigt. Die Alpen haben eine Zahl ausgezeichneter Erosionsschlünde aufzuweisen: die finstere Schlucht bei Meiringen, die bei der Brollabrücke im Verzasca-Thale u. a. in den Mittel-Alpen. In den östlichen Alpen verdient, unter vielen anderen, das Bett der Goritnica bei der Flitscher-Klause im Görzischen Erwähnung; über den Schlund ist hier ein einfacher gemauerter Brückenbogen gespannt, und ein Stein, den ich vom Geländer der Brücke weg in den Abgrund fallen liess, brauchte $4^1/_2$ Secunden Zeit bis er den Spiegel des Baches erreichte, was eine Tiefe von 314 F. ergibt. Man kennt auch Beispiele von auffallend raschen Bildungen solcher Erosionsfurchen; der 1. Abschnitt hat einige derselben genannt.

Die merkwürdigsten und unbestreitbarsten Erosionswirkungen

des fliessenden Wassers sind jedoch die bereits erwähnten Cañon's in Nord-Amerika, die mit Rücksicht auf ihre Verzweigungen ganz den früher erwähnten Regenrissen in Russland gleichen. Auch hier ging die Erosion offenbar von der Tiefe aus und schritt, in ungezählten Jahrtausenden, allmälig nach rückwärts bis auf die Höhe des Tafellandes fort. Die totale Fallhöhe des grossen Cañons des Colorado beträgt nahe an 7000 F., daher der mittlere Fallwinkel des Flusses in dieser Strecke circa 15 Minuten, was dem Gefälle der grossen alpinen Längenthäler nahe kommt.

Aber ungeachtet einer so erstaunlichen Erosionswirkung, wie sie in den Cañons vorliegt, wäre sich wol davor zu hüten, alle tiefen und spaltartigen Thäler im Gebirge ebenfalls als Effecte der Wasserspülung anzusehen. Wenn man auch von dem weit geringeren Alter der meisten Hochgebirge im Vergleiche mit dem Hochlande von Colorado absieht, so ist z. B. die Bildung der Hauptthäler des Alpenlandes doch noch etwas anderes als die Ausnagung der Cañons.

26. Es sind in früherer Zeit, als die neptunische Theorie noch im vollen Schwunge war, und selbst auch von einigen neueren Geologen und Topographen, über die Wirkungen der Wasserspülung sehr kunstvolle und sinnreiche Systeme aufgestellt worden*), die im Detail viel Richtiges enthalten, im Ganzen aber zu viel beweisen wollen. Diese Theorien setzen meistens grosse, alles Land überfluthende Wasserbedeckungen voraus, von denen man nicht einsieht, woher sie gekommen sein mögen, oder wenn Meere darunter gemeint sind, von denen man nicht leicht begreift, auf welche Art sie bei einiger Tiefe die ihnen zugeschriebenen Erosionswirkungen auszuüben vermochten. Man weiss jetzt, dass das Meer, selbst bei den heftigsten Stürmen, wenige Hundert Fuss unter der Oberfläche sich in vollkommener Ruhe befindet, dass starke Strömungen selten bis in grössere Tiefen reichen, und dass das Meer die Unebenheiten seines Grundes, so viel es ihm möglich, auszuebnen sucht. Aber auch die gewöhnliche Wassererosion ist, wie mir scheint, in ihrer Bedeutung überschätzt worden, indem man ihr die gesammte Thalbildung, selbst in jenen Gebirgen, die ihre Entstehung nachweislich einer Bodenerhebung verdanken, also die Bildung aller grossen Längen- und Querthäler, zuschreiben will. Gegen diese Ansicht lassen sich nachstehende Einwände erheben:

*) Siehe z. B. das „Handbuch der Terrainformenlehre" von Ignaz Cybulz, k. k. Artillerie-Hauptmann, Wien 1862.

1. Es kann nicht geleugnet werden, dass der Boden gelegenheitlich seiner Erhebung von Spalten zerrissen wurde; wenn nun die Thäler lediglich als Erosionen angesehen werden, wohin sind jene primitiven Spalten gekommen?
2. Die Richtung aller grossen Längen- und Querthäler fällt bei den durch Hebung entstandenen Gebirgen mit den Richtungen der primitiven Spalten, wie sie von der Theorie ermittelt worden sind, zusammen.
3. Wenn nun auch die Querthäler mit der Richtung des Wasserabflusses von dem ursprünglichen Hebungskörper im Allgemeinen übereinstimmen, also durch Auswaschung entstanden sein konnten, so kann doch die Bildung der Längenthäler nimmermehr auf diese Weise erklärt werden — der Längenthäler, welche die Richtung des Wasserablaufs von dem ursprünglichen compacten Bergbuckel oft viele Meilen lang quer durchsetzen, und von denen im Sedimentärterrain gewöhnlich zwei oder mehrere dicht neben einander liegen, während innerhalb des centralen Gebirges diese Längenthäler oft auf grossen Strecken gänzlich fehlen.
4. Die synklinale Schichtenstellung in solchen Thälern zeigt nicht minder evident einen Ursprung an, der von der Erosion ganz unabhängig ist.
5. Aber auch bei den grossen primitiven Querthälern, welche von den Structurflächen des Gebirges nicht selten rechtwinklig oder unter grossen Winkeln geschnitten werden, ist bei der gewöhnlichen Regelmässigkeit ihres Verlaufes eine Erosionsbildung nicht vorauszusetzen, wenn auch anerkannt werden muss, dass viele der primitiven Spalten durch die Wasserspülung tiefer gelegt, erweitert und umgestaltet worden sind.
6. Die in den Querthälern vorkommenden Seen, deren Grund nicht selten viele Hundert Fuss unter die Höhe ihrer, nicht etwa durch einen Einsturz erhöhten, Ausflussöffnung hinabgreift, beweisen auf das klarste, dass hier Spalten vorliegen, die an manchen Stellen tiefer in den Sockel des Gebirges einschnitten als an anderen, was seinen Grund in den örtlich verschiedenen Cohäsionsverhältnissen der von der Spalte durchfurchten Felsmassen gehabt haben mochte. Diese tieferen Stellen in den Spalten konnten doch unmöglich durch die Erosion ausgenagt worden sein, da hier, vor dem thalabwärts erhöhten Grunde der Thalfurche, jede Erosion aufhören, die Seebildung beginnen

und demnach eher eine Auffüllung der Spalte durch Gerölle eintreten musste.

7. Ein eben so scharfes Argument gegen jene ausschliesslich hydrodynamische Theorie der Thalbildung liegt in der Existenz jener blinden Thäler, wie sie bei dem westlichen Arme des Lago di Como, am Lago di Lugano und besonders bei den grossen und langen Kesselthälern des Karstlandes, in Krain, Croatien und Bosnien vorkommen.

8. In sehr vielen Thälern zeigt der im Thalgrunde aufgelagerte und bis auf unbekannte Tiefen hinabreichende Felsschutt, den die Stosskraft des Wassers nicht zu durchnagen oder nur sehr langsam fortzuschaffen vermag, dass einst häufig auftretende, mehr oder minder beträchtliche Unterschiede in der Tiefe stattfanden, bis zu welcher eine und dieselbe Spalte in den verschiedenen Theilen ihrer Länge die Sockelmasse des Gebirges durchschnitt. Wäre die Erosion die alleinige Ursache der Thalbildung, so würde der Bach oder der Fluss wol überall über den Felsgrund dahinfliessen, weil er an jeder Stelle den Grund dann erst annagen kann, wenn er sein Bett unterhalb tiefer eingeschnitten und freien Abfluss hat. Eine Ausnahme von dieser Regel kommt nur an jenen Stellen vor, wo etwa ein Bergsturz jüngeren Alters, oder ein mächtiger, aus einem Seitenthale hervorgebrochener Schuttkegel, eine Stauung der Gewässer und eine secundäre Ablagerung von Bergschutt bewirkt hat.

9. Endlich verdient noch erwähnt zu werden, dass es im Gebirge eben nicht selten Stellen und Lagen gibt, wo ein und dasselbe Gewässer sich zwei Abflusswege zugleich geöffnet haben müsste, wenn die Thalbildung ausschliesslich den Weg der Erosion gegangen wäre. Dies anzunehmen wäre jedoch gewiss nicht statthaft. In solchen Fällen muss wol mindestens eines der beiden Thäler auf eine andere Art zu Stande gekommen sein. So z. B. stand der Salza, ehe noch der Durchbruch bei Werfen gebildet war, der ganz bequeme Abfluss durch das Saalachthal über Saalfelden und Lofer zur Verfügung, und dasselbe kann auch für die Fersina bei Pergine gesagt werden. Ebenso konnte sich die Enns gewiss viel leichter den Abfluss durch das Liesing-Paltenthal über Rottenmann eröffnen, als es ihr möglich war, die fast zwei Meilen lange Thalkehle des Gesäuses durch das Gebirge auszunagen.

Am merkwürdigsten aber ist in dieser Beziehung das Höhlensteiner Thal, dessen Mündung gar auf der Höhe des Toblacher Feldes liegt u. s. w.

27. Mit diesen Sätzen soll blos der Einfluss der Erosion auf die Thalbildung im höheren Gebirge auf sein natürliches Maass eingeschränkt werden.

Fliesst das Wasser über einen steilen Abhang herab, so wird es derjenigen Schichte zu folgen geneigt sein, die der Erosion den geringsten Widerstand entgegensetzt; es wird sich also sein Rinnsal in diese Schichte eingraben, dasselbe immer mehr eintiefen und dadurch die Einwirkung anderer Erosionskräfte auf die Ufer des Rinnsals befördern. Verwitterung, Einstürze, Frost werden jetzt vermehrte Angriffsflächen vorfinden und mit vereinten Kräften die Erweiterung des beginnenden Thales herbeiführen. Hierdurch wird ein, immer grössere Räume umfassender Zug sowol der permanenten Wasserläufe als auch der meteorischen Wässer gegen jenes grössere Rinnsal eintreten, und so wird, durch die verbundene Thätigkeit der chemischen, hydrochemischen und mechanischen Erosion, nach und nach ein kleines Thalsystem entstehen, das mit seinen Armen theils bis auf den Kamm, theils bis auf die seitlichen Wasserscheiden zurückgreift. Auf dem Kamme selbst wird die mechanische Erosion des Wassers so ziemlich gleich Null sein. Dieser kann in erster Instanz wol nur durch den Einsturz und durch die Verwitterung sammt ihren unterstützenden Kräften (Frost, Blitzschläge, Stürme) seine Form empfangen. Die Wasserspülung aber wird die Kammgehänge durchfurchen und gestalten. Sie wird hier auf die beschriebene Weise alle die unzähligen Seitenthäler, Rinnen, Tobel und Runsen ausnagen und dadurch alle die tausendgestaltigen, mehr oder minder steil niederstreichenden Gehängwölbungen und Felsrippen, mit ihrem unermesslichen Formendetail erzeugen, wie es eben im Gebirge überall wahrzunehmen ist. Auf die Modellirung der Kämme aber wird sie nur mittelbar dadurch Einfluss nehmen, dass sie fort und fort durch Unterwühlung des Grundes bald diesen, bald jenen Theil des Gehänges zum Einsturz bringt und auf diesem Wege Wirkungen erzielt, die mit der Zeit zu beträchtlichen Summen anwachsen.

Dana hat eine Beschreibung über die Vorgänge bei der durch Erosion stattfindenden Thalbildung gegeben *), nach welcher die

*) „Manual of Geology". Abschnitt: „Dynamial Geology", pag. 635.

Thalfurche auf die in dem nebenstehenden Holzschnitte verbildlichten Weise entstehen soll. Die Linien *am*, *an*, *ao* und *ap* deuten die aufeinander folgenden Stadien in den Fortschritten der Erosion an, und bei dem letzten nennt er *ab* den Abschnitt der Wasserfälle, *bp* den Abschnitt der Katarakte (torrent portion) und *pc* den Flussabschnitt (river portion). Doch ist hier nicht

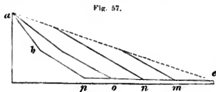


Fig. 57.

leicht einzusehen, wie aus dem convexen Thalprofil *am*, das concave *ao* oder *ap* sich herausbildet. Auch hat dieses Profil in den hohen Kämmen der Granit-, Gneiss- und Urschiefer-Gebirge in der Regel eine ganz andere Form (siehe Fig. 27, 28). Der von Dana geschilderte Vorgang hat sonach keinen Anspruch auf allgemeine Giltigkeit.

28. Bei der Erosionsthätigkeit des fliessendon Wassers sind noch einige secundäre Erscheinungen von Wichtigkeit zu beachten. Wenn ein Fluss sich krümmt, so wird das Wasser, dem Trägheitsgesetze gemäss, mit seiner vollen Geschwindigkeit und Stosskraft das concave Ufer treffen und hier nicht nur ein steiles Gestade erzeugen, sondern auch seinen Thalweg näher an dieses Ufer verlegen. Am convexen Ufer aber werden Geschwindigkeit und Stosskraft mässiger sein; der Fluss wird in Folge dessen einen Theil der mitgeführten erdigen Stoffe auf dieser Seite ablagern und das Ufer demnach flach und sandig werden. Dadurch ergeben sich die Begriffe Stoss- und Leoseite des Flusses. Die von der Stossseite reflectirte Strömung wird sofort, wenn ihre Geschwindigkeit nicht ganz unbedeutend ist, in einiger Entfernung an das andere Ufer prallen und hier dieselben Erscheinungen hervorrufen, woraus sich vielleicht der Zickzacklauf der Bäche im Gebirge und das coulissenartige Uebereinandergreifen der Thalhänge erklären lässt.

29. **Entstehung der Ufer- und Berg-Terrassen.** In Folge der Erosion, durch welche die Flüsse ihre Strombetten allmälig tiefer legen, kommt die Bildung der im morphologischen Theile dieser Arbeit bereits erwähnten Ufer- und Berg-Terrassen zu Stande. Ich möchte mit dem ersteren Namen die nur wenig über das jetzige Flussbett erhöhten, mit dem letzteren Worte aber die hoch an den Thalwänden hinlaufenden Terrassen verstehen; eine Höhengrenze

zwischen beiden kann freilich nicht gezogen werden. Die einen wie die anderen sind demnach als ältere Thalsohlen anzusehen, in welche sich der Fluss sein gegenwärtiges tieferes Bett eingegraben hat. Den jetzigen oder tiefstliegenden Thalgrund nennt Dana, wenn er eine gewisse Breite hat, die Flussebene (flood-plaine)*), und hält ihre Breite abhängig theils von der allgemeinen Configuration des Landes, theils von der Möglichkeit, die dem Flusse gegeben ist, von der einen Thalwand zur anderen zu oscilliren. So hat die Flussebene des Sacramento eine Breite von 10 g. M., und noch breiter ist die des Mittel-Rhein bei Strassburg oder die der Donau in der kleinen und grossen ungarischen Tiefebene. Im Gebirge sind die Flussebenen gewöhnlich schmal. Die Höhe der Ufer-Terrassen übersteigt selbstverständlich die des höchsten Wasserstandes, und zuweilen liegen zwei oder mehrere solcher Uferterrassen nahe neben- und übereinander. So kommen am Genfersee, bei Bern und Aarau deren drei (15, 30, 45 Meter), in Italien an der Stura bei Borgo Dalmazzo (6·4, 45, 63 Meter) und am Oglio (5, 15—80 Meter) ebenfalls drei, an der Adda zwei (9—30 Meter), am Po und am Tessin (10, 25, 45, 60, 75, 80 Meter) sogar sechs solche Uferterrassen vor. Die hier unter den Klammern beigefügten Zahlen geben die Höhen dieser Terrassen über das jetzige Flussbett an.

Die höchsten bisher beobachteten Bergterrassen sind vielleicht die bei Leh im oberen Industhale; sie bestehen aus diluvialen Ablagerungen, erheben sich 1500—2000 F. über die Flussebene des Indus, sind beinahe ganz horizontal und dringen unter strenger Einhaltung gleichen Niveaus in alle Nebenthäler ein**). Die Bergterrassen im Drauthale und bei Innsbruck sind aus neogenen Gebilden zusammengesetzt, liegen 500—600 F. über der Thalsohle und fallen gegen diese mit steilen Rändern ab.

30. **Serpentinen der Flüsse.** Im Unterlaufe der Flüsse ist bei der Trägheit der Wasserbewegung die Erosion meist nicht mehr im Stande, den Widerstand, den einzelne, fester agglomerirte Theile des Bodens der Laufrichtung des Flusses entgegensetzen, zu überwinden und zu beseitigen. Der Fluss wird dadurch genöthigt, diese Hindernisse zu umgehen, wodurch dann jene Krümmungen entstehen, welche man Serpentinen oder Mäanderkrümmungen

*) „Manual etc.", pag. 641.

**) „Notes on the Pangong Lake of Ladakh" von Capt. Godwin-Austen, in den „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", Band 37, pag. 343.

nennt. Ausserordentlich reich an solchen Serpentinen ist die Theiss, deren Lauflänge nur in der Strecke zwischen Szolnok und Szegedin, durch die Regulirung derselben in den letzten Jahren, um nicht weniger als $16^1/_2$ Meilen abgekürzt werden konnte. Starke Mäandrirungen zeigt auch die Donau im Wiener Becken, dann die Save und die Weser. Und was selbst grosse Ströme in diesem Fache zu leisten im Stande sind, das lässt die Wolga und insbesondere der Mississippi erkennen. Bei dem grossen Buge, den die Wolga bei Samara macht, kommt man nach einer Fahrt von nahe an 30 Meilen nur um 4 Meilen weiter, als man ohne jenen Bug gekommen wäre. Die gewöhnliche Begleitung von Mäanderkrümmungen sind ausgedehnte Versumpfungen der Flussufer.

31. **Gehalt der Flüsse an festen Stoffen.** Interessant endlich ist die Kenntniss der Menge fester Stoffe, welche den Flüssen von der Erosion geliefert und von ihnen in das Meer getragen wird. Durch die Beziehung dieser Menge auf das Stromgebiet gewinnen wir eine Vorstellung von dem Maasse der Erdabtragung durch die Erosion in einer bestimmten Zeit; die Menge dieser Stoffe überhaupt aber gewährt uns die Einsicht in den Umfang des Materials, welches theils zu den Versandungen und den Deltaansätzen der Flussmündungen, theils zu den am Meeresgrunde fortwährend in Neubildung begriffenen unorganischen Sedimenten verwendet wird. So hat man gefunden, dass der mittlere jährliche Schlammgehalt des Indus an seiner Mündung 0·25 Procent und im Jahre nicht weniger als 5258 Millionen W. Kubikfuss beträgt, was einem festen Erdwürfel von 1739 F. Seite gleichkommt. Vertheilt man diesen Betrag auf das Stromgebiet, so zeigt sich, dass die Erosion dasselbe schon in weniger als 200 Jahren durchschnittlich um 1 F. erniedrigt *). Weit geringer ist der Gehalt des Ganges an festen Stoffen, deren Menge sich im Jahre nur auf 1368·677400 Kubikfuss beläuft und eine Abtragung des Stromgebietes andeutet, die erst in 1751 Jahren 1 F. beträgt. Noch geringer endlich ist die Schlammführung des Mississippi, welche sich für das Jahr mit 3702·758000 Kubikfuss, und die Zeit, die die Erosion hiernach benöthigt, um sein Stromgebiet um 1 F. zu erniedrigen, auf 9000 Jahre berechnet. Bei anderen Flüssen hat man

*) „On the lower portion of the River Indus" von Colonel Tremenhere. „Journals of the R. Geogr. Sec.", Band 37. — Ich glaube, dass die hier mitgetheilten Bestimmungen mit Vorsicht aufzunehmen seien. Die Zahlen sind unverhältnissmässig gross.

den Schlammgehalt des Wassers wie folgt ermittelt: beim Hoangho mit 0·50, bei der Tiber mit 0·40, beim Rhein mit 0·35 und beim Nil mit 0·16 eines Procents.

32. **Erosionen des Meeres.** Zu den für die Gestaltung der Küsten wichtigen Erosions-Erscheinungen gehören diejenigen, die durch das Meer hervorgerufen werden. Bei der Anwesenheit verschiedener Salze im Meerwasser besitzt dasselbe überhaupt eine grössere erodirende Kraft als das süsse Wasser, wozu sich die mechanischen Wirkungen des Meeres gesellen, die es in Folge seiner Wellenbewegung, seiner Strömungen, der Ebbe und Fluth, im höchsten Grade aber bei Stürmen und Sturmfluthen äussert, und die zu jenen grossen Veränderungen und Zerstörungen der Küsten führen, von denen im 1 Abschnitte bei der Küstenbildung die Rede war. Die Einbrüche des Meeres in das Land und die Einstürze felsiger Küstentheile sind solche Wirkungen.

33. **Fjordenbildung.** Denselben Einflüssen möchte ich, besonders für jene Küsten, gegen welche eine starke Strömung unablässig ihre Wässer zutreibt, die Ausbildung der sogenannten Fjorde, d. i. jener schluchtartigen, steilwandigen, tief in das Land eingreifenden und oft vielverzweigten Meeresarme, wie sie in Norwegen in typischer Vollkommenheit vorkommen, zuschreiben. Ich thue dies jedoch nur, wie gesagt, mit Rücksicht auf ihre Ausbildung, nicht aber auf ihre ursprüngliche Bildung, da ich sie, nach allen ihren Merkmalen, für nichts Anderes als für dynamische Thäler, d. h. für primitive Spalten halte, die bei der Hebung des Gebirges entweder gleich anfangs bis unter das Meeresniveau hinabgriffen, daher von vornherein mit Wasser erfüllt waren, oder aber erst durch ein nachmaliges Sinken des Landes unter den Meeresspiegel tauchten. In dem einen wie in dem anderen Falle ist es die Aufgabe des Meeres geworden, sie mit seinen mächtigen erodirenden Kräften zu reinigen und ihnen vollends jene Form zu geben, die sie heut zu Tage besitzen. Oskar Peschel hat in seinen „Geographischen Problemen“, mit denen er sich als einen der ersten raisonnirenden Geographen der Gegenwart auswies, die Frage der Fjordenbildung mit Geist behandelt und nachgewiesen, dass sie sich nur auf die kälteren Zonen der Erde (etwa bis zur Isotherme von 8° R. herab) beschränken. Nachdem er sie nun in dem ersten Theile seines Aufsatzes „die Fjordenbildungen“ längere Zeit für klimatische Erscheinungen gehalten, kommt er in den

letzten, später geschriebenen Absätzen ebenfalls zu dem Schlusse, dass die Fjorde Spalten seien, die durch die Zertrümmerung der Küste, bei Gelegenheit ihrer Erhebung, in das Gebirge eingesprengt wurden. Auf diese Art wird es klar, weshalb Fjorde nur an steilen und gebirgigen Küsten angetroffen werden, weil nur an solchen die Bedingungen zur Fjordenbildung (Hebung und Zerspaltung des Bodens) sich einstellen konnten. Auch Peschel hat hiermit die Behauptung Robert Brown's (des berühmten Botanikers, wenn ich nicht irre) zurückgewiesen, der die Entstehung der Fjorde lediglich den erodirenden Einwirkungen der Gletscher zuschreibt *).

C. Erosionen durch Wind, Lawinen, Gletscher und Wassereis.

34. **Erosion durch den Wind.** Die Erosion durch den Wind darf keineswegs gering angeschlagen werden. Eigentlich wirkt der Wind doch nur als Transportmittel für die Fortschaffung der durch die Verwitterung verkleinerten Theile des Erdfesten. Durch den Wind werden diese Theile als Staub von den Bergen herab in die Tiefe getragen. Gewiss rührt ein nicht unbeträchtlicher Bruchtheil der gewöhnlichen Pflanzenerde der Ebenen von dem Staube her, welcher ihr im Laufe der Zeit durch den Wind zugeweht wird. Der Wind ist es ferner, der die höheren Lagen der Gebirge, die Kämme, Gipfel und Felsen, ihrer Erde, und damit der Hauptbedingung für pflanzliche Besiedlung beraubt. Die Bora hat den Karst auf dieselbe Art, nachdem er einmal seiner schützenden Walddecke entkleidet war, zu einer traurigen, menschenleeren Wüste gemacht, und eben so ist der Mistral mit den Bergen der Provence verfahren. Der Wind ist es nicht minder, der als herrschender Nordostpassat den Sand der Sahara fortwährend gegen Südwesten treibt, dadurch, wie Barth erzählt, weite und gesegnete Landstriche in Timbuctu dem grossen Sandmeere bleibend einverleibt hat, und der immerfort den Meeresgrund längs der Küste von Sahel derart mit Sand auffüllt, dass man stundenweit in das Meer hinauswaten kann. Aehnliche Sandbewegungen kommen auch in der Gobi und auf dem Plateau von Iran vor, wo die ehemaligen Hauptsitze der persischen Cultur, Persepolis und

*) „On the formation of Fjords, Cañons, Benches, Prairies and Intermittent Rivers" von Rob. Brown, in den „Journals of the R. Geogr. Soc. of London", Band 39, 121.

Susa, längst in Wüsten umgewandelt sind. Bekannt ist es endlich, dass grosse Sandwehen den Lauf des Amu-darja, der sich früher in den Kaspi-See ergoss, nach dem Aral-See ablenkte.

Erosion durch Lawinen. Im Hochgebirge werden durch Lawinen nicht selten Erd- und Steinmassen in die Thäler herabgeworfen und nebenher, durch den Druck des vor der stürzenden Lawine einhergehenden Windes, grosse Verheerungen angerichtet.

Erosion durch Gletscher. Ueber die erodirende Action der Gletscher sind sehr abweichende Ansichten geäussert worden. Gastaldi lässt tiefe Seebecken durch die Gletscher ausnagen und Robert Brown hält, wie oben erwähnt, auch die Fjorde für Wirkungen der Gletscherfriction, während von anderen diese Wirkungen nur als gering veranschlagt werden.

Die Gletscher-Erosion entwickelt ihre Thätigkeit in zwei Richtungen: einmal, indem der Gletscher als Vehikel für den Transport der im höheren Gebirge abgebröckelten Felsfragmente nach tieferen Gegenden dient, und zweitens, indem er thatsächlich auf den Boden, den er bedeckt, erodirend einwirkt.

Der auf das Firnfeld oder auf den eigentlichen Gletscher herabfallende Bergschutt, aus Felsstücken jeder Grösse, vom Sandkorn bis zu dem Umfange eines Hauses bestehend, wird in Folge der eigenthümlichen Bewegung des Eises, langsam zu Thal getragen, bis er über die Endabdachung der Eiszunge herabfällt und sich hier als Endmoräne ansammelt. Viele dieser Gesteinstrümmer fallen mittlerweile durch Spalten oder längs dem im Sommer klaffenden Uferrande unter den Gletscher hinab, und werden hier unter dem ungeheuern Drucke des Eiskörpers zermalmt oder zu einem feinen Schlich zerrieben, den die unter dem Eise fliessenden Gewässer fortführen. Tritt nun der Gletscher in ein flacheres und schwachgeneigtes Thal heraus, so sammeln sich jene Gesteins-Trümmer so wie der erwähnte Schlich zu einer ungeschichteten Masse an, die den Thalgrund unmittelbar bedeckt und vom Gletscher bedeckt ist, und den Namen G r u n d m o r ä n e führt. Bei temporären Vergrösserungen des Gletschers, schreitet die Eismasse über die Grundmoräne hinweg und lässt sie unangetastet unter sich liegen. Da nun die Gletscher zur Zeit des Diluviums eine weit grössere Entwickelung erreichten als jetzt, so werden sowol alte End- als auch Grundmoränen an Orten angetroffen, die jetzt reich bebaut und bevölkert sind.

Durch die Reibung des Gletschers mit dem Felsbette, in dem

er liegt, werden die anstehenden Felsen abgeschliffen und geritzt. Die Schliffflächen gewinnen bei festen, nicht leicht verwitternden Gesteinsarten (Granit, Syenit, Gneiss, Serpentin u. a. m.) oft die Glätte des Glases und sind durchweg von feinen Ritzen überzogen, die der Richtung der Gletscherbewegung folgen, sich aber auch zuweilen etwas nach aufwärts krümmen*). Die Gletscherritzen sind durch Quarzkörnchen erzeugt, die zwischen Fels und Eis gerathen. Hervorstehende kleine Erhebungen des Felsgrundes werden zu sogenannten Rundhöckern abgeschliffen, bei denen sich jedoch die Schliffflächen nur auf der Stossseite vorfinden.

Durch derlei Schliffflächen, Gletscherritzen und Rundhöcker wird nicht minder wie durch die Grund- und End-Moränen, das jemalige Vorhandensein diluvialer Gletscher in Gegenden bewiesen, die von den analogen Eisgebilden der Jetztzeit oft viele Meilen entfernt sind. So hat man sie z. B. am Handeckfall und bei Meiringen, im Hinterrheinthal bei Rofla, bei Bex in Wallis u. a. a. O. angetroffen. Bei Windau unfern Sölden im Oetzthale liegen sie 300—400 F. oberhalb des Thalgrundes und sind mindestens 6 Stunden vom Gurgler-Gletscher entfernt, durch den allein sie hervorgebracht worden sein können Aber nicht blos in den Alpen, sondern auch in anderen Gebirgen, in denen jetzt keine Gletscher mehr vorkommen, sind sie beobachtet worden, wie z. B. im Jura, im Schwarzwalde, in den Vogesen, in Schottland, Wales u. s. w.

35. Frägt man sofort um den erodirenden Einfluss der Gletscher auf die Thäler, die sie ausfüllen oder bedecken, so wird man bedenken müssen:

1. dass sich die Grundmoränen unter dem Eise bilden können und der Gletscher sie unbeirrt anwachsen lässt;
2. dass selbst Karrenfelder, auf welchen Gletscher gelegen, durch die Erosion nicht zerstört wurden**);
3. dass der Gletscher von jener Höhe an aufwärts, an welcher die Boden-Temperatur den Eispunkt erreicht, jahraus jahrein an den Grund angefroren ist, was sich durch die im Sommer zwischen Eis und Gletscherufer liegenden kleinen Seen unwiderleglich darthut, und
4. dass in der Strecke unterhalb jener Höhe, in welcher also

*) Siehe: „Recherches sur les Glaciers et sur les Formations erratiques des Alpes de la Suisse" von Henry Hogard, pag. 119.

**) Ibidem, pag. 125.

die Boden-Temperatur über dem Eispunkte steht, die Einwirkung des Gletschers auf seine Unterlage in keinem Falle eine bedeutende sein kann; es ist vielfach beobachtet worden, dass hier die Eismasse nur auf wenigen hervorragenden Stellen des Gletscher-Bettes ruht.

Hiernach kann wol mit Recht gefolgert werden, dass die eigentliche Gletscher-Erosion kein hohes, und daher auch nicht jenes Maass erreicht, um tiefe Schlünde und Thäler in festes Gestein einnagen zu können.

36. **Erosion durch das Eis der Flüsse.** Auch die Eisdecken der Flüsse, so wie das Grundeis, üben, bei eintretendem Eisgang, durch den Transport der im Eise eingeschlossenen, an den Ufern und im Bette liegenden Geschiebe, eine erodirende Einwirkung aus. Bedeutender aber ist der Einfluss der Eisbildung auf die aus sandigen und porösen Felsmassen bestehenden Uferstrecken der Flüsse und Ströme. Derlei Gesteine werden vom Froste oft bis in die kleinsten Stücke zersprengt, dadurch in leicht transportablen Schlamm oder Grus verwandelt und später vom Eise selbst oder von der Strömung fortgetragen. Welchen Einfluss diese Vorgänge auf die Uferlinien, und mit der Zeit selbst auf die Laufrichtung der Flüsse ausüben müssen, ist an sich klar.



Druck von Carl Fromme in Wien

Militärwissenschaftliche Werke

aus dem Verlage von

WILHELM BRAUMÜLLER, k. k. Hof- und Universitätsbuchhändler in Wien.

Radetzky, Graf, k. k Feldmarschall. *Feld-Instruction für die Infanterie, Cavallerie und Artillerie.* Sechste, mit dem Porträt des Feldmarschalls und einer neuen historisch-biographischen Einleitung vermehrte Auflage, von einem österreichischen Veteranen. Mit 8 Plänen. gr. 8. 1861. 3 fl. — 2 Thlr.

Schaible, Dr. Carl Heinr., Professor an der königl. Militär-Akademie in Woolwich. *Gesundheitsdienst im Krieg und Frieden.* Ein Vademecum für Officiere. 8. 1868. 1 fl. 50 kr. — 1 Thlr.

Schels, Joh. Baptist, weil. k. k. Oberstlieutenant. *Der Felddienst-*Handbuch für Officiere aller Waffen. Neue Ausgabe. 2 Bände mit 2 Kupfertafeln. 16. 1859. 2 fl. — 1 Thlr. 10 Ngr.

Schuster, Georg Heinrich, k. k. Major. *Lehr- und Handbuch der militärischen Stylistik*, umfassend den militärischen Brief-, Geschäfts- und Lehrstyl, die kriegsgeschichtliche Schreibart und die militärische Beredsamkeit. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage. gr. 8. 1862. 2 fl. — 1 Thlr. 10 Ngr.

Seidel, Josef von, k. k. Hauptmann-Auditor in Pension. *Commentar zur Vorschrift für das ehrenräthliche Verfahren* in der k. k. Armee und Kriegsmarine gr. 8. 1872. 1 fl. — 20 Ngr.

Theimer, Alexander, k. k. Rittmeister im Kriegs-Archive. *Geschichte des k. k. siebenten Uhlanen-Regiments Erzherzog Carl Ludwig* von seiner Errichtung 1758 bis Ende 1868. Nach den Feldacten und sonstigen Original-Quellen des k. k. Kriegs-Archivs verfasst. gr. 8. 1869. 5 fl. — 3 Thlr. 10 Ngr.

Thielen, Maximilian Ritter von, weil. k k Major. *Erinnerungen aus dem Kriegerleben eines 82jährigen Veteranen* der österreichischen Armee mit besonderer Bezugnahme auf die Feldzüge der Jahre 1805, 1809, 1813, 1814, 1815; nebst einem Anhange, die Politik Oesterreichs vom Jahre 1809 bis 1814 betreffend. Mit dem Portrait des Feldmarschalls Fürsten Carl zu Schwarzenberg. gr 8. 1863. 3 fl 50 kr. — 2 Thlr. 10 Ngr.

— — *Der Feldzug der verbündeten Heere Europa's 1814 in Frankreich* unter dem Oberbefehle des k. k. Feldmarschalls Fürsten Carl zu Schwarzenberg. Nach authentischen österreichischen Quellen dargestellt. Mit 2 Uebersichtskarten. gr 8. 1856. 3 fl. — 2 Thlr.

Zweyer, Carl, k. k. Major in Ofen. *Die Feldbefestigungskunst.* Handbuch zum Selbststudium und Leitfaden für den theoretischen und praktischen Unterricht. Mit aus den Kriegs-Epochen der Neuzeit entnommenen, die Theorie erläuternden Beispielen. Mit 8 lithographirten Plänen. gr. 8. 1862. 4 fl. — 2 Thlr. 20 Ngr.

DRUCK VON CARL FROMME IN WIEN.





